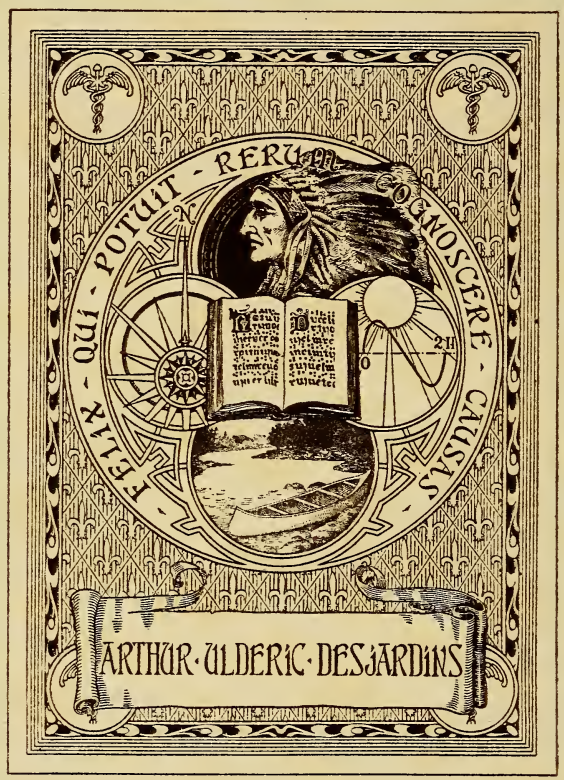
LIBRAIRIE MEDICALE
Ch. BOULANGE
14, RUE DE L'ANCIENNE COMÉDIE
PARIS VI
COMMISSION EXPORTATION
ACHAT
VENTE
ECHAN



HARVARD MEDICAL
LIBRARY

RÖNTGEN

THE LLOYD E. HAWES
COLLECTION IN THE
HISTORY OF RADIOLOGY

Harvard Medical Library
in the Francis A. Countway
Library of Medicine ~ *Boston*

VERITATEM PER MEDICINAM QUÆRAMUS

BIBLIOTHEQUE DES ACTUALITÉS INDUSTRIELLES — N° 70

MANUEL
DE
RADIOSCOPIE
ET DE
RADIOGRAPHIE
par l'emploi des
Rayons X

PAR

Georges BRUNEL

Ancien Professeur
au Laboratoire d'Études Physiques
Directeur des
Nouvelles Scientifiques et Photographiques
Et de l'*Encyclopédie de l'Amateur photographe.*

TROISIÈME ÉDITION

complètement refondue et considérablement augmentée.

Illustrée de 54 figures et reproductions

PARIS

Librairie Bernard TIGNOL

PUBLICATIONS DE LA

Librairie de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures

53 bis, quai des Grands-Augustins

MAJORATION 20 %

SOCIÉTÉ ANONYME

DES

PLAQUES, PELLICULES

ET

PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES

J. JOUGLA

Capital : 1.500.000 fr.

Siège Social : 45, Rue de Rivoli, PARIS

PLAQUES SPÉCIALES ET RECOMMANDÉES

pour la

RADIOGRAPHIE

PRIX DES PRINCIPALES DIMENSIONS :

9×12	12×16 1/2	13×18	15×21	18×24
3 »	**4.50**	**5 »**	**8 »**	**10 »**
21×27	24×30	30×40	40×50	50×60
15 »	**18 »**	**32 »**	**50 »**	**75 »**

la douzaine

En vente dans les principales Maisons de Fournitures Photographiques

PROPERTY
CANCELED -- OF --
DR. A. U. DESJARDINS

MANUEL

DE

RADIOSCOPIE

ET DE

RADIOGRAPHIE

Pied radiographié à travers la chaussure.

BIBLIOTHEQUE DES ACTUALITÉS INDUSTRIELLES — N° 70

MANUEL

DE

RADIOSCOPIE

ET DE

RADIOGRAPHIE

par l'emploi des

RAYONS X

PAR

Georges BRUNEL

Ancien Professeur au Laboratoire d'Études Physiques
Directeur des *Nouvelles Scientifiques et Photographiques*
Et de l'*Encyclopédie de l'Amateur photographe.*

TROISIÈME ÉDITION
complètement refondue et considérablement
augmentée
Illustrée de 54 figures et reproductions

PARIS

Librairie Bernard TIGNOL
PUBLICATIONS DE LA
Librairie de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures
53 bis, quai des Grands-Augustins

[1900]

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH
LIBRARY

13 NOV 1956

Gift: Dr. A.U. Desjardins

PRÉFACE

DE LA 2e ÉDITION.

La découverte du Dr Rœntgen a eu un retentissement énorme pour plusieurs raisons : d'abord, elle touche au mystérieux, à l'inconnu, et tout ce qui présente ce caractère plait à l'homme et l'attire. Aussi, de tous côtés, les recherches se sont multipliées et les observations forment maintenant un dossier respectable. Ensuite, les expériences sont faciles, d'un abord commode et immédiatement à la portée de toute personne aimant les sciences.

Jamais, croyons-nous, une telle opiniâtreté ne s'était vue ; jamais une découverte sur les propriétés de la matière n'avait excité ainsi l'émulation des savants et des amateurs de science.

C'est avec intention que nous employons ce mot amateur. *Aujourd'hui les grandes sociétés savantes comptent un certain nombre de membres, dénués de toute fonction scientifique, souvent de diplômes, mais cherchant avec intelligence et méthode. Bien des fois, ces amateurs de science trouvent des faits et font de petites découvertes, lesquelles, coordonnées par les hommes spéciaux, fournissent un appoint, non négligeable, aux progrès scientifiques.*

Et c'est pour ces personnes, d'une instruction assez élevée, et pour les médecins que cet opuscule a été écrit. C'est pour permettre à tous de se familiariser avec les expériences sur les rayons X ; c'est pour pouvoir augmenter le nombre des chercheurs que nous avons pensé à présenter, d'une façon succincte et pour ainsi dire didactique, un manuel pratique et élémentaire de la technique opératoire.

Les médecins et les chirurgiens trouveron dans ce manuel toutes les indications nécessaires pour arriver à des résultats complets. Cette méthode d'investigation les aidera puissamment dans leurs diagnostics, surtout dans les cas discutés et difficiles.

Comme dans la première édition, nous avons limité notre livre à la production des rayons X par les tubes de Crookes et la bobine de Ruhmkorff et l'emploi des écrans fluorescents, voulant rester dans les applications faciles et pratiques de la belle découverte du Dr Rœntgen.

PRÉFACE

DE LA 3e ÉDITION.

Je n'ai que quelques mots à ajouter à ce qui précède. Je ne prévoyais pas, lorsqu'en 1896, quelques mois après la découverte de Dr Rœntgen, je publiai cet opuscule, le succès qu'il rencontrerait auprès du public spécial auquel je m'adressais.

Il y a plus d'un an que la deuxième édition est épuisée et nous pensions mon éditeur et moi, en rester là ; d'autres ouvrages, écrits par des hommes d'une haute valeur scientifique, étant parus et semblant remplacer ma compendieuse brochure. Il faut croire que nous nous trompions tous les deux, car, devant les demandes réitérées j'ai dû reprendre la question et écrire cette troisième édition, en m'attachant surtout à la partie opératoire, laissant de côté, avec intention, tout ce qui a trait au rôle purement spéculatif *de la question, toujours incidente de l'identité des mystérieux rayons.*

J'ose espérer que cette édition rencontrera le même accueil que ses ainées et qu'elle pourra guider vers le succès les praticiens qui me feront l'honneur de la consulter.

G. B.

CHAPITRE PREMIER

Historique

§ I. — *Travaux antérieurs à Rœntgen*

On connait les tubes de Geissler. Ce sont des tubes, de formes différentes, où un vide relatif est partiellement fait et dans lesquels pénètrent les deux pôles d'un courant d'induction, celui d'une bobine de Ruhmkorff. Lorsque le circuit est fermé, le courant passe et il se produit des décharges électriques qui forment des fluorescences verdâtres et violacées d'un curieux effet. Dans les moindres cours de physique, on répète couramment ces expériences.

Le professeur Crookes, ayant obtenu des ampoules et des tubes où le vide était poussé jusqu'au millionième d'atmosphère, constata qu'il se produisait des effets tout particuliers.

Le pôle négatif (-), ou cathode, est entouré d'un espace obscur, tandis que le pôle positif (+), ou anode, est fluorescent dans tout son entourage.

Les décharges électriques vont du pôle négatif vers le pôle positif.

Pour expliquer ces phénomènes, le docteur Crookes a pensé qu'il existait un quatrième état de la matière qu'il appelle *état radiant*. Dans cet état, les molécules seraient mises en mouvement par la décharge électrique, et projetées contre les parois du tube avec des vitesses prodigieuses, en produisant cet état fluorescent que l'on remarque dans le tube pendant le passage du courant.

Disons tout de suite la différence apparente qu'il y a entre la fluorescence et la phosphorescence, termes qui peuvent sembler identiques ou similaires dans l'esprit. La fluorescence cesse immédiatement avec la cause qui la produit; la phosphorescence persiste alors que la cause productrice est détruite.

Les radiations s'échappant du pôle négatif, dans les tubes de Crookes, ont été nommées *rayons cathodiques*. Ils semblaient être arrêtés par la paroi du verre. Ils jouissent de la propriété d'être déviés par l'aimant.

M. Lénard, un savant allemand, constata qu'ils pouvaient se propager dans l'air normal.

§ 2. — *Découverte du Dr Rœntgen.*

Le passage du courant induit dans un tube de Crookes, entouré de papier noir de tous côtés, produit sur un papier recouvert d'une couche de platino-cyanure de baryum, une fluorescence brillante, lorsque ce papier est mis à côté du tube, (les fluorescences se sont produites jusqu'à deux mètres du tube), l'expérience ayant lieu dans une pièce obscure.

Il existe donc un agent capable de passer à travers le papier noir, (absolument opaque pour les rayons lumineux). Le Dr Rœntgen, qui découvrit ce fait à la fin de l'année 1895, vérifia si d'autres corps n'avaient pas la propriété d'être traversés par ces rayons, qu'il nomma rayons X, faute de pouvoir leur donner une identité satisfaisante.

Un livre de 1000 pages laissa passer les rayons; deux jeux de cartes réunis, les chairs, les muscles, le bois, l'aluminium, l'ébonite également. Par contre, le verre est peu traversable, et le cristal pas du tout.

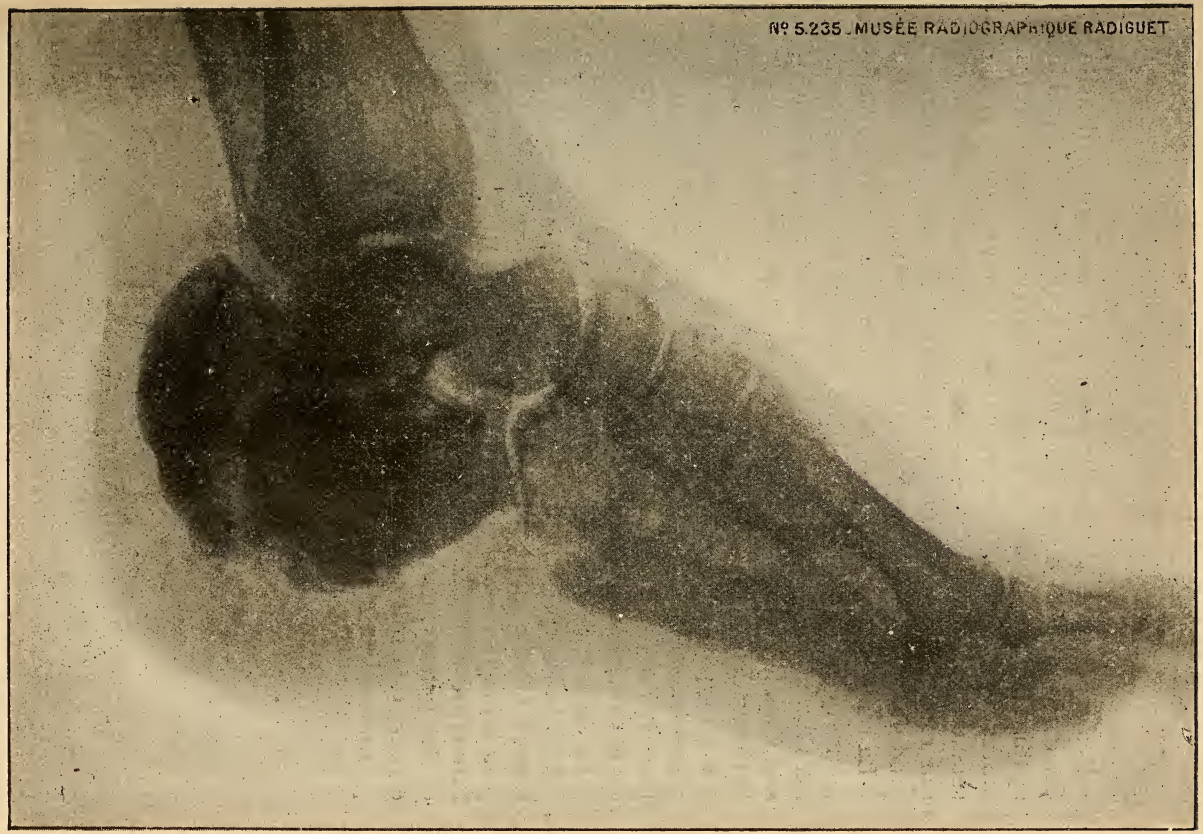


Fig. 1. — Radiographie d'un pied atteint de périostose du calcaneum chez une femme de trente ans.

Des expériences du Dr Rœntgen, il résulta que la densité des corps ne déterminait pas seule la transparence. Ainsi le spath d'Islande se montre beaucoup plus transparent que les autres corps ayant une même densité. En augmentant l'épaisseur on augmente la résistance au passage des rayons, ce qui est logique, mais la transparence n'est pas toujours le produit de la densité par l'épaisseur des corps.

La sensibilité des plaques photographiques est très grande pour les rayons Rœntgen. Elles peuvent être impressionnées directement, soit dans la boîte en carton qui les contient, soit dans le châssis négatif, sans qu'on soit obligé de relever le rideau du châssis.

Il n'est pas prouvé, par exemple, que l'impression de la couche sensible soit due directement aux rayons X. Elle tient peut être à des causes secondaires, comme la fluorescence de la couche argentée.

Lorsque la découverte du Dr Rœntgen parvint à Paris, ce fut M. G. Séguy, préparateur des cours de physique de M. Le Roux à l'Ecole supérieure de pharmacie, qui, le premier répéta les expériences, et ce sont les épreuves qu'il obtint qui furent présentées à l'Académie des Sciences par MM. Oudin et Barthelemy, dans la séance du 20 janvier 1896. C'est par erreur, que son nom fut omis; il est juste de rétablir, au point de vue historique, la vérité des faits.

CHAPITRE II

Nature des rayons X

§ I. — *Préliminaires*

Avant d'exposer, même succintement, les hypothèses sur les rayons X, il est utile de rappeler certaines propriétés de la lumière.

On sait que la lumière se propage par ondulations, que sa vitesse est de 300 000 kilomètres à la seconde, soit 75 000 lieues. Elle met, pour citer un exemple, 8 minutes 13 secondes pour nous venir du soleil qui est éloigné de la terre de 37 millions de lieues.

Lorsqu'on fait passer un rayon lumineux au travers d'un prisme, et qu'on reçoit sur un écran le rayon à sa sortie, on constate que la lumière blanche s'est décomposée en sept couleurs principales :

Rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

C'est ce qu'on appelle le spectre solaire.

En traversant le prisme, les rayons se séparent à cause de la différence de leur longueur d'ondulation. Nos yeux, du moins, ne perçoivent que ces sept couleurs, mais il existe d'autres radiations en-deça du rouge appelées *infra-rouges* et au-delà du violet, appelées *ultra-violettes.*

Les premières, les *infra-rouges*, sont des radiations calorifiques, elles sont décelées par le thermomètre et le bolomètre. Les radiations ultra violettes sont actiniques et impressionnent les plaques photographiques.

On a constaté que les corps organiques absorbent davantage les rayons ultra-violets que les sels métalliques.

Les longueurs d'onde du rouge et du violet sont de 620 et 423 microns (1). Le nombre de vibrations est respectivement de 585 et 700 *mille milliards* par seconde.

Nos yeux ne perçoivent donc que les vibrations lumineuses comprises entre ces deux chiffres (rouge à violet).

On a construit des instruments qui nous ont permis de photographier des rayons ultra-violets de 294 microns de longueur d'onde, et d'enregistrer des radiations calorifiques jusqu'à 1940 microns (infra-rouge). On voit que l'homme

ig. 2. — Médaille en aluminium, traversée par les Rayons X (Exp. de M. Radiguet).

sait, par son génie, suppléer aux limites étroites des sens, dont la nature l'a doué, en construisant des instruments capables de lui révéler l'invisible.

Il existe peut-être, dans la nature, des yeux d'animaux qui perçoivent d'autres radiations que nous, mais les différences avec l'organe visuel de l'homme ne doivent pas être considérables, car les expériences faites à ce sujet ont démontré, lorsqu'on projette les ordonnées, que les courbes se confondent presque et que le maximum a lieu dans le jaune.

(1) Le micron (μ) est la millionième partie du mètre

§ II *Hypothèses sur la nature des rayons X*

Le mot rayon a été appliqué aux vibrations inconnues découvertes par le docteur Rœntgen, parce qu'elles ont produit des silhouettes par l'interposition d'un corps entre elles et la surface d'une plaque photographique.

Ils semblent donc agir là, comme les rayons lumineux (visibles ou invisibles); comme eux ils produisent de l'ombre, ils donnent des fluorescences et ont une action chimique. Pourtant ils se comportent autrement que les rayons ultra-violets, mais ne serait-il pas permis de croire que leurs vibrations, plus petites que la lumière et le mode de propagation, qui paraît être longitudinal, seraient la cause de leurs curieuses propriétés?

La propagation des ondes liquides et lumineuses s'opère par des ondulations ayant les nœuds et les ventres dans le *sens vertical* de la propagation, tandis que les ondes sonores et électriques sembleraient décrire des sinuosités dans le *sens longitudinal* de la propagation. On ignore comment se comportent les vibrations calorifiques.

On n'a pu vérifier si les rayons X ont un pouvoir calorifique. On a constaté par exemple, qu'ils se propageaient toujours en ligne droite et qu'ils ne se réfractaient, ni se réfléchissaient pas. Un grand nombre d'expériences a été fait à ce sujet M. Henri Becquerel a constaté que les rayons invisibles émis par les sels d'urane en fluorescence, se polarsaient, se réfractaient; les rayons X ont donné des résultats négatifs. M. Jean Perrin, alors préparateur à l'Ecole normale supérieure, n'a obtenu aussi aucun résultat sur les expériences de reflexion.

Les rayons X ne se réfléchissent donc pas.

Ils ne réfractent pas. — On divisa un faisceau en deux parties : une moitié fut masquée d'abord par un prisme en paraffine de 20°, puis, par un autre en cire de 90° ; la moitié libre du faisceau tombait sur une plaque sensible, la seconde moitié, passant au travers du prisme, vint prolonger la première sur la plaque sans accuser aucune déviation. M. Baulard en reprenant ces expériences et en les faisant dans le vide n'a obtenu aucun résultat.

Enfin les phénomènes de diffraction n'ont pas donné de résultats. (Expériences de M. Sagnac).

Les *rayons cathodiques* sont déviés par un aimant ; des champs magnétiques très intenses n'ont produit aucun effet sur les *rayons X.*

On se trouve donc en présence d'un agent nouveau (pour nous) où si l'on préfère, d'un mode, jusqu'ici insoupçonné, de l'énergie.

Il ne semble pas qu'il y ait identité absolue entre les rayons cathodiques et les rayons X.

Le docteur Rœntgen pense que ces rayons sont produits par les vibrations cathodiques à la surface intérieure de l'ampoule et qu'ils en sont, pour ainsi dire, le prolongement.

Les vibrations seraient peut-être de deux natures, les unes seraient localisées dans un tube, les autres passeraient au travers des parois de verre, lequel ferait ainsi (pour employer une expression typique) l'office d'une passoire.

Cette hypothèse n'a rien d'invraisemblable en soi, puisqu'on constate que les radiations partent du pôle négatif, alors qu'on ne remarque rien au pôle positif ; pourtant, les deux électrodes doivent dégager de l'énergie.

Les rayons en passant au travers du verre, par le travail, mécanique considérable qu'ils mettraient en jeu, produiraient la fluorescence, qu'on remarque dans l'ampoule vers le pôle positif.

Fig. 3. — Cobaye radiographié (Exp. de M. G. Séguy).

M. J. Perrin a observé qu'en déviant le rayonnement cathodique, avec un aimant on changeait l'aire de production des rayons X.

On a constaté qu'en frappant certain corps métalliques les rayons X acquéraient des propriétés nouvelles, c'est-à-dire paraissaient subir une transformation. Il se formerait des rayons secondaires lesquels sont vivement absorbés par l'air (expériences de MM. Sagnac, Becquerel, Curie).

Il ne paraît pas non plus que les rayons puissent être comparés aux radiations ultra-violettes.

M. Albert Nodon a soumis une plaque sensible, enveloppée de papiers opaques à la lumière, pendant 15 minutes à l'action d'un arc voltaïque, éloigné de 40 centimètres, sans avoir aucune trace sur la plaque. On sait pourtant que l'arc est très riche en rayons ultra-violets.

D'un autre côté M. Charles Henry admet que ce sont des rayons ultra-violets à vibrations transversales ; comme eux ils déchargent les corps électrisés et illuminent les corps phosphorescents. Les rayons cathodiques seraient des rayons X chargés de matière (le courant de l'anode à la cathode comportant une décomposition électrolytique). Ces rayons chargés, seraient assimilables à un courant constant et dès lors susceptibles d'être déviés par l'aimant ; les rayons débarrassés de matière (épurés en quelque sorte) deviendraient les rayons X à vibrations transversales, ayant tous les caractères de courants alternatifs et de haute fréquence. On peut admettre que toutes les sources de lumière suffisamment intenses émettent des rayons X, mais en petite quantité, comparativement à l'ampoule de Crookes.

Les rayons X et les phénomènes électriques.

Au point de vue électrique les rayons X déchargent un électroscope (l'appareil étant à l'abri de toute perturbation et enfermé dans une boite en aluminium).

L'électroscope étant chargé, les feuilles d'or divergentes, l'écran en face l'ampoule de Crookes, pouvant être chargé à volonté, voici ce qu'ont constaté MM. Benoit et Hurmuzescu, qui sont les auteurs de ces recherches.

1° Qu'avec seize feuilles de papier noir superposées, la chute des feuilles d'or est immédiate et complète, en quelques secondes, les feuilles ne se relèvent pas.

2° Qu'avec une plaque de laiton de deux dixièmes de millimètre d'épaisseur on ne remarque aucun changement dans la divergence des feuilles d'or.

3° Qu'avec une plaque en aluminium de un dixième de millimètre la chute est immédiate et complète, même résultat avec une plaque d'aluminium atteignant jusqu'à un millimètre d'épaisseur, le tube de Crookes étant éloigné de trente centimètres.

En continuant ces expériences, les mêmes auteurs ont constaté que les rayons X pouvaient décharger les corps électrisés *sans les rencontrer*. Si un faisceau de rayons passe entre deux boules métalliques, sans les toucher et si une seule est chargée, elle se déchargera et l'autre se chargera jusqu'à ce que les deux boules soient également chargées.

Il ressortirait donc que les rayons X ont une action électrique ambiante dans les milieux où ils se propagent.

Le professeur Schuller écarte l'hypothèse des ondes longitudinales par la raison de l'absence de réflexion, de réfraction, d'interférence. Le fait que la charge électrique des parois de l'ampoule, provenant des rayons cathodiques, peut provoquer des vibrations électriques locales dans les corps environnants, suffit pour expliquer que ces vibrations produisent la phosphorescence et la fluorescence ainsi que les actions photographiques.

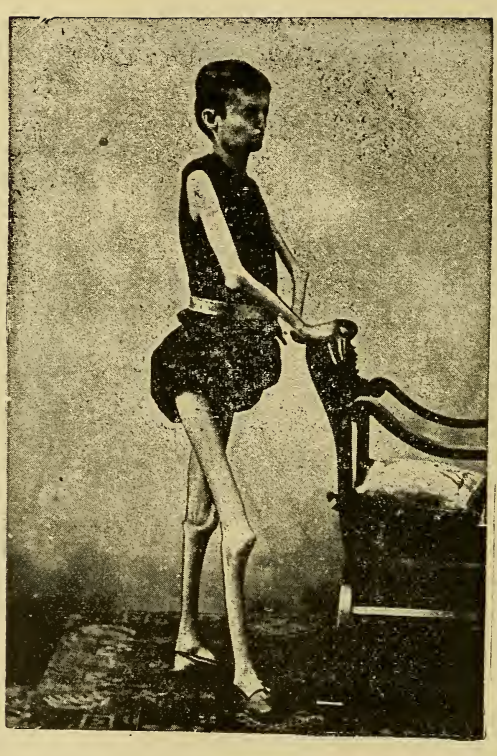


Fig. 4. — L'homme squelette, photographié.

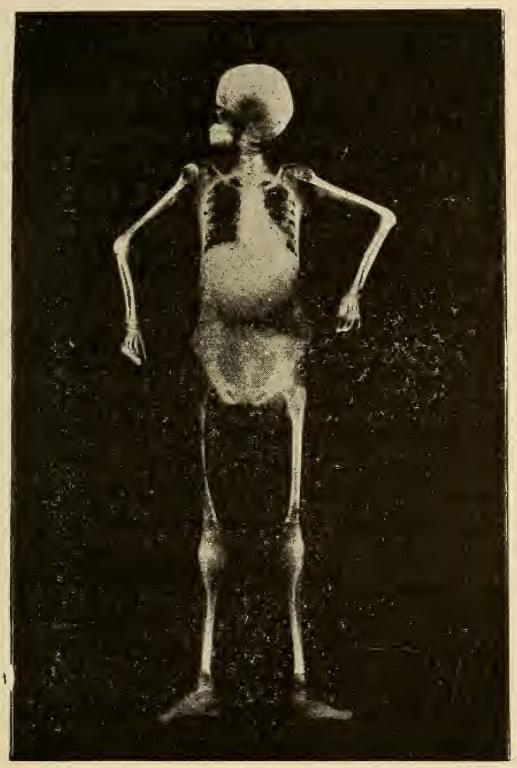


Fig. 5. — Le même radiographié.
(Exp. de M. Radiguet).

M. Tesla, le célèbre électricien, donne l'explication suivante de ces phénomènes : il est admis que le courant cathodique est composé de particules de matière lancées avec force de l'électrode et avec une vitesse considérable, pouvant atteindre 100 kilomètres à la seconde et même plus.

La matière, avec cette vitesse doit sûrement pénétrer à une grande profondeur dans les obstacles qu'elle rencontre. (si les lois de la mécanique sont applicables aux rayons cathodiques). La matière semble réduite à un état primordial dont la force et la vitesse sont inconnues, de tels phénomènes n'ayant pas été étudiés jusqu'à ce jour. Ce qui est intéressant à considérer c'est l'observation qu'un corps est d'autant plus opaque aux rayons X qu'il est plus dense, ce qui semble corroborer l'hypothèse ci-dessus.

M. Henri Becquerel dit que la tache anticathodique (1) sur l'ampoule est un phénomène électrique, c'est le siège d'une activité considérable qui provoquerait la phosphorescence de la plaque photographiqueet par suite la réduction des sels d'argent par les radiations phosphorescentes excitées sur place.

M. Dufour qui a étudié l'action des rayons X sur les corps électrisés conclut que :

« Les radiations actiniques qui émanent de la surface des tubes de Crookes et agissent à travers des corps opaques (optiquement) sur une plaque photographique paraissent avoir une origine électrique ; elles constituent un phénomène analogue à l'effluve électrique et agissent comme elle sur une plaque photographique. »

La perméabilité des corps aux rayons X varie avec leur constante diélectrique et leur conductibilité électrique, elle paraît être sans relations avec leurs propriétés optiques.

---

(1) On appelle partie anticathodique de l'ampoule, la partie qui reçoit les rayons cathodiques, c'est l'aire de concentration.

Fig. 6. — Main radiographiée.

Si cela était absolument démontré on arriverait ainsi au cycle complet des modifications de l'énergie :

Chaleur, lumière, radiation, électricité.

De sorte que les effets des radiations ultra-violettes seraient reliés aux radiations électriques, par les phénomènes des rayons X.

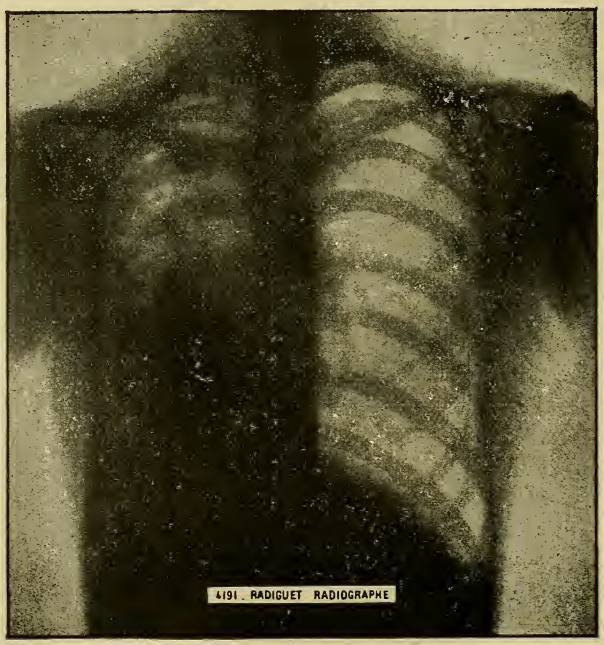


Fig. 7. — Cage thoracique radiographiée.

CHAPITRE III

Appareils

Les appareils, peu nombreux, nécessaires pour la radioscopie et la radiographie sont :

1· une bobine de Ruhmkorff dite aussi transformateur.
2· un interrupteur de courant ;
3· des tubes spéciaux dits de Crookes ;
4· un écran fluorescent ;
5. des supports.

On peut joindre, à cette nomenclature essentielle, différents appareils accessoires qui ont été construits pour donner plus de facilité ou plus de précision aux opérations ; nous décrirons les principaux à la fin de ce chapitre.

§ I. — *Bobines de Ruhmkorff*

Cette machine d'induction dont nous représentons ci-contre un type, est connue.

Elle engendre des courants très puissants.

Elle est formée de deux circuits, l'un constitué par un gros fil de cuivre de 40 à 60 mètres de longueur, enroulé autour d'une bobine de bois ou de carton, et qui forme l'inducteur, où passe le courant formé par les piles.

Au-dessus de ce premier fil, on met une matière isolante, verre, caoutchouc, sur laquelle on enroule alors du fil de cuivre très fin et d'une grande longueur.

Les grandes bobines ont jusqu'à 100 kilomètres de fil. Ces fils sont recouverts d'une matière isolante.

La longueur du fil augmente la tension de l'inducteur.

La grosseur du fil augmente la quantité au courant induit :

Au centre de la bobine sont des fils de fer doux réunis en faisceau formant un noyau contre lequel vient buter l'interrupteur. Cet organe, comme l'indique son nom, interrompt constamment le courant induit. Celui-ci n'agissant qu'en ces

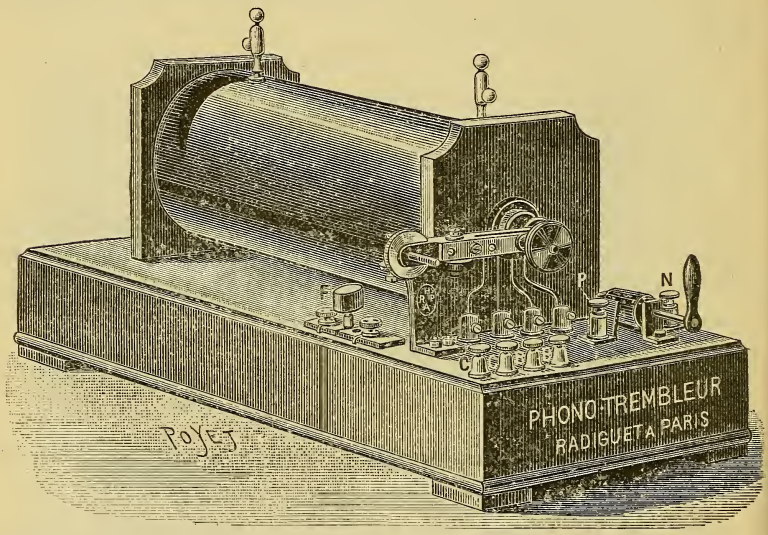


Fig. 8. — Bobine de Ruhmkorff

moments extrêmes, c'est-à-dire lorsqu'il commence ou qu'il se termine, il fallait adopter un dispositif qui permit d'obtenir ce résultat.

Dès que le courant passe dans le gros fil, le marteau de l'interrupteur est attiré, mais dès qu'il touche le noyau, le courant passe de nouveau, le même phénomène se produit et ainsi de suite. L'interrupteur oscille, avec une très grande ra-

idité, produisant à chaque mouvement des courants d'induction alternativement directs et inverses dans le fil fin.

Les deux bouts de fil fin se terminent dans les bornes où on peut recueillir l'électricité dégagée. Sous la bobine dans le socle se trouve un condensateur pour absorber les extra-courants qui se forment au moment des ruptures.

Dans les grandes bobines, il y a un commutateur qui permet de renverser le courant à volonté.

Il existe deux types bien connus de bobines : sur pied (genre fig. 9) et sur cuves (fig. 8).

Elles donnent des résultats analogues.

Les effets des bobines de Ruhmkorff sont extrêmement puissants, certaines produisent des étincelles de 100 centimètres de longueur.

Pour obtenir des opérations parfaites, il faut des bobines ayant une certaine dimension, partant lourdes et difficilement maniables.

MM. Radiguet et Massiot ont construit une bobine transportable et de volume restreint, réunissant toutes les conditions qu'un matériel transportable doit remplir : solidité, encombrement le plus réduit, emballage pratique. La bobine, recouverte de peau de maroquin, est garantie sur les côtés par deux joues en ébonite. Elle porte deux bornes fixes pour le courant inducteur et deux bornes mobiles pour le courant induit.

Pendant le transport la bobine se place sur les deux pieds supports, à charnière, dont est muni le condensateur. Ces pieds se replient pour le transport (voir fig. 10).

Le condensateur, d'une capacité de 1 à 2 microfarads, variable, au moyen d'une fiche, porte l'interrupteur Radiguet.

Les transformateurs d'induction de haute tension sont influencés par le milieu où ils fonctionnent.

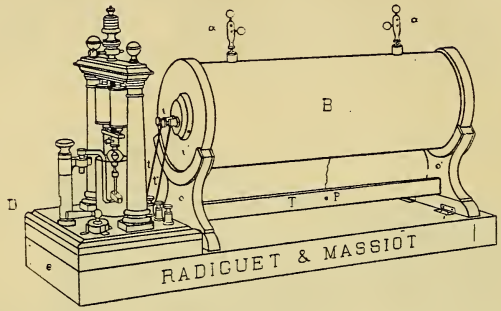


Fig. 9. — Bobine transportable montée.

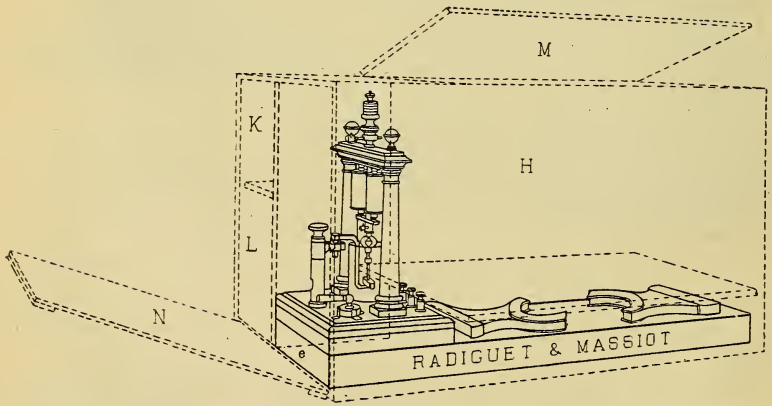


Fig. 10. — Le condensateur-interrupteur dans sa caisse.

Pour obtenir le maximum d'étincelle il est nécessaire de tenir la bobine éloignée des murs, dans un endroit sec et essuyer l'enveloppe et le socle avant de s'en servir.

Le réglage du trembleur a une grande importance. On commencera toujours l'expérience par une étincelle n'ayant que le quart de longueur, ce qui est facile en employant le maximum de résistance du rhéostat, c'est-à-dire l'appareil de résistance qui permet de faire varier le courant (fig. 19).

On augmentera en suite la valeur du courant par le rhéostat, on verra l'étincelle augmenter de grosseur et c'est à ce moment seulement que l'on pourra en augmenter la longueur en réglant la course du trembleur. L'inverseur doit être disposé pour faire passer le courant dans le sens donnant la plus grande longueur d'étincelle.

En opérant de cette manière, on arrivera au maximum de longueur et l'étincelle jaillira directement entre le plateau et la pointe, sans déviations par effluves, sur la bobine ou sur les objets environnants.

Une fois l'expérience terminée, on devra ramener le curseur du rhéostat au maximum de résistance et il faudra, pour une nouvelle expérience, tout en laissant l'interrupteur réglé pour la longueur d'étincelle voulue, commencer par une étincelle plus courte. Pour le fonctionnement des tubes, le rhéostat, le condensateur et l'interrupteur sont réglés suivant la résistance de chaque tube.

§ II. — *Interrupteurs*

Nous avons vu page 26 qu'il était nécessaire que la bobine soit munie d'un appareil appelé interrupteur; nous allons étudier cette importante question, qui est capitale pour le fonctionnement régulier des bobines.

Deux procédés bien distincts existent pour obtenir automatiquement les interruptions du circuit primaire :

Les moyens mécaniques (*Neef, Foucault* comme types) et la décomposition d'un électrolyte (*Wehnelt* et dérivés).

Le premier moyen peut se diviser en deux groupes.

1° Les interruptions et les contacts sont obtenus au moyen d'un mécanisme analogue à celui d'une sonnerie électrique, dont l'électro-aimant est constitué par l'inducteur même de la bobine (*Neef, Phono-trembleur*).

2° Les interruptions et les contacts sont faits par un mécanisme alimenté par une source électrique faible, indépendante du circuit principal. (*Foucault, Bouchaccurt et Rémond*).

Nous allons étudier ces divers modèles.

Les trembleurs à contact de platine conviennent pour une intensité de 1 à 5 ampères maximum, avec un réglage facile, c'est ce que l'on obtient avec le phono-trembleur (Neef perfectionné).

Le *phono-trembleur* se compose essentiellement d'un ressort d'acier C armé d'un contact en platine et portant un marteau D. En regard du contact en platine peut s'avancer ou s'éloigner une vis E terminée par un bouton moleté F. Cette vis permet de régler la tension de ce ressort, sans en changer la longueur. Tout le système est monté sur un centre *G* autour

duquel il pivote au moyen d'une molette H, emprisonnée dans une fente *a b*, et qui visse dans une tige I. Dans ces conditions, sans faire varier la longueur du ressort *c* on peut avancer ou reculer le marteau de fer de l'inducteur et régler

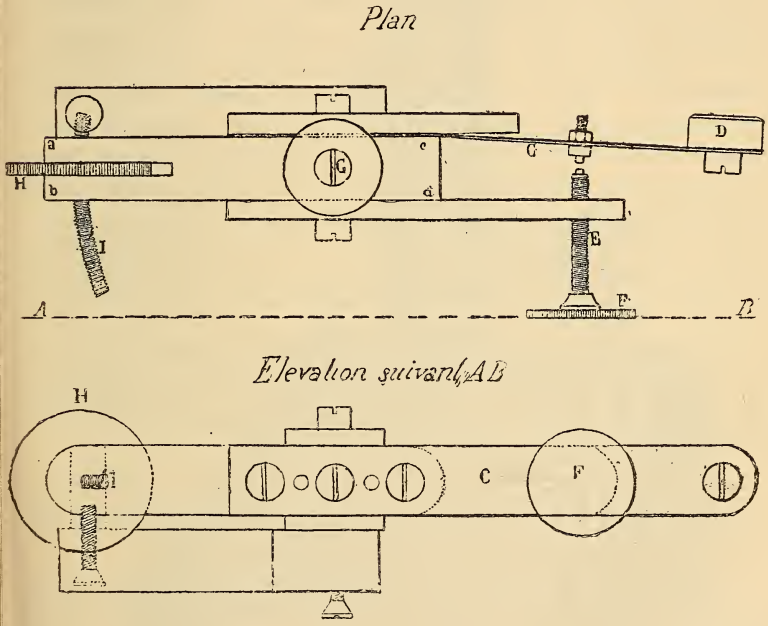


Fig. 11. — Détails du Phono-trembleur.

avec précision, par la course du marteau, l'intensité du débit, ce qui ne peut-être obtenu avec les trembleurs de Neef existants.

Dès que l'on dépasse 5 ampères, il ne faut plus songer à

employer les interrupteurs à platine, car les contacts sont très rapidement détériorés. On peut alors se servir soit du *Trembleur Foucault*, que l'on construit maintenant le plus souvent actionné par un petit moteur dynamo-électrique alimenté par une source séparée (2 ou 3 accumulateurs). Il a le défaut capital d'une oxydation rapide du mercure, laquelle empêche toute interruption brusque, de là, arrêts consécutifs, nettoyages, etc. On évite ce désagrément avec le *trembleur cuivre-cuivre* basé sur, ce principe que lorsque l'on produit les contacts cuivre-cuivre dans du pétrole ordinaire on se trouve en présence d'une espèce de régulateur à arc voltaïque et l'usure des contacts se produit exactement comme celle des charbons, avec cet avantage que l'usure étant excessivement lente, il est inutile d'employer un mécanisme particulier pour maintenir constant l'écart des dits contacts pendant plus d'une heure.

L'interrupteur Radiguet est le premier appareil construit à contact cuivre sur cuivre ; il permet d'obtenir l'éclairage de l'écran sans aucune vibration et cela, durant des séances prolongées.

Cet interrupteur fonctionne directement sur les canalisations des villes, 110 volts, continu ou alternatif, jusqu'à 42 périodes, sans aucun redresseur du courant.

Cet interrupteur se compose essentiellement d'une tige A, maintenant une armature S en fer doux attirée par un électro d'une pièce de bois B maintenue horizontale au moyen de deux colonnes en acajou, qui laisse passer en lui guidant la tige A terminée par un filetage. Ce filetage reçoit une pièce en ébonite L à la base de laquelle est fixée une pièce de cuivre portant deux boutons, le bouton M sert à fixer la pièce sur la tige, le bouton O, serre un contact qui amène le courant dans la tige.

Au sommet, on peut placer 1, 2 ou 3 poids O, maintenus immobiles au moyen du bouton L.

A la partie inférieure de la tige centrale, se fixe la pièce

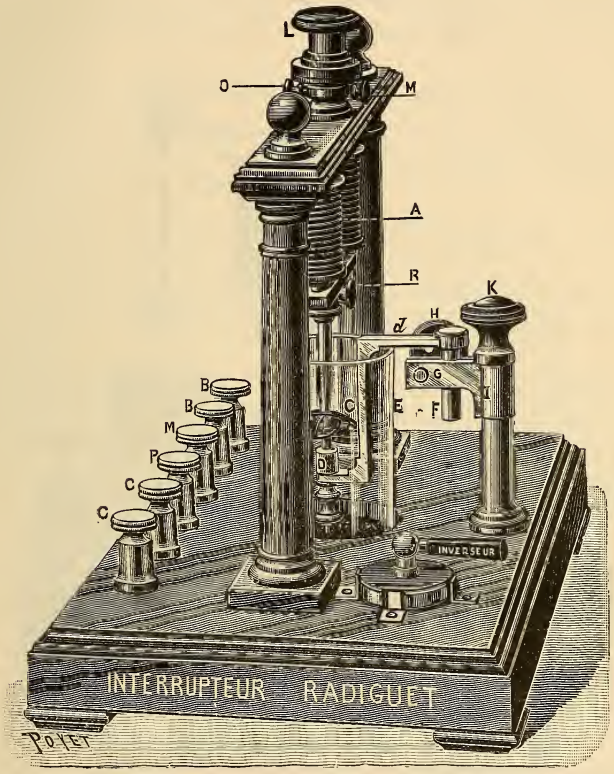


Fig. 12. — Interrupteur cuivre-cuivre.

démontable C qu'on voit au centre de la figure et qui porte la tige de contact en cuivre rouge, au-dessous de laquelle

quelle se trouve la banquette D en cuivre rouge, soutenue, au milieu d'un vase en verre contenant du pétrole par une pièce en forme de potence *d ;* un bouton et son contre écrou,

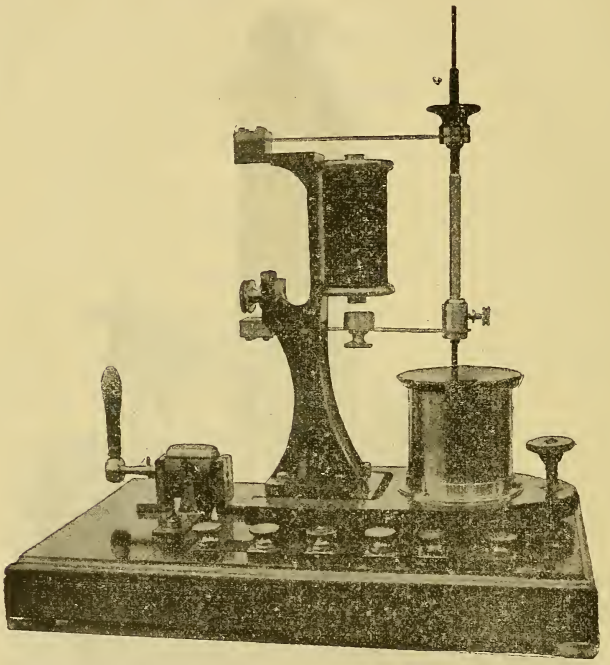


Fig. 13. — Interrupteur simplifié.

permettent de démonter la banquette. La potence *d d'* est terminée par une pièce cylindrique F s'engageant dans un collier à serrage pour pouvoir monter ou descendre les banquettes.

Le socle en acajou verni, réunit tout l'ensemble du méca-

nisme, il porte en outre un inverseur de courant et les bornes servant au montage de l'interrupteur.

Un modèle simplifié du précédent interrupteur donne aussi de bons résultats et il est plus transportable.

Voici sur quels points portents les principales modifications (voir fig 13).

Deux ressorts reliés entre eux par un même tube font vibrer la tige de contact. Le réglage de la durée de contact et de la rapidité, se fait simplement par l'écartement facultatif de deux extrémités de chaque ressort.

Quand les deux ressorts sont parallèles, on a évidemment le maximum de flexibilité.

En écartant entre elles les extrémités avec le bouton B, on donne plus de tension aux ressorts tout en prolongeant plus le contact.

En faisant l'inverse, on donne aussi plus de tension aux ressorts, mais moins de durée au temps de contact.

Les interrupteurs montés directement sur le courant de la bobine possèdent tous les avantages d'un montage simple et réglage facile. Mais ils absorbent dans leur électro-aimant une partie de l'énergie, ce qui n'a aucun inconvénient lorsque l'on possède des accumulateurs ou le courant des Villes, mais si l'installation est alimentée par des piles, il faut avoir recours aux interrupteurs marchant avec une source d'électricité indépendante ; nous recommandons pour cet usage, le modèle imaginé par MM. *Bouchacourt et Rémond* (fig. 14).

Le mouvement alternatif, produisant le passage, puis l'interruption du courant, est obtenu au moyen d'une lame vibrante entretenue électriquement, suivant le principe de M. Mercadier, et montée sur un socle en bois très épais, et se fixant par des vis à une table pesante de grande masse, pour assurer l'inertie de l'appareil.

C'est une colonne métallique à large base portant les divers fils nécessaires, à encastrement robuste, la lame vibrante. Une pièce isolante, permet de placer un ressort, amenant le courant d'entretien, en regard d'un contact ménagé dans la lame et le ressort se ferme pendant le mouvement.

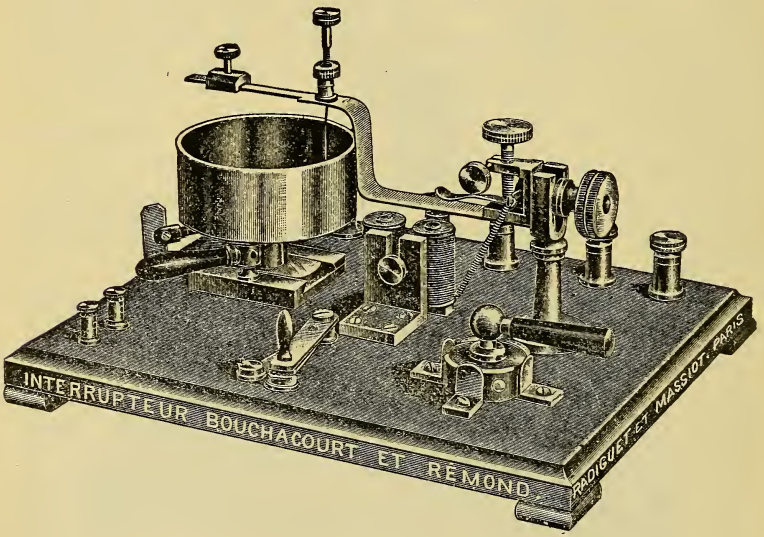


Fig. 14. — Interrupteur à lame vibrante.

Un système simple de réglage permet d'assurer, au repos, le contact avec une pression suffisante pour assurer le démarrage automatique de l'appareil, quand on ferme le circuit de l'électro-aimant.

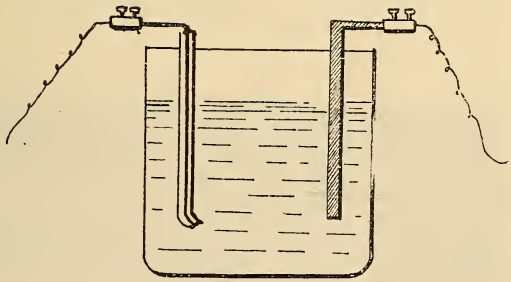
Celui-ci peut être actionné par un courant de 4 volts o amp. 2, donné par deux éléments d'accumulateurs ou une pile sèche de 3 éléments.

Le mouvement vibratoire entretenu, se fait sans bruit, avec une régularité parfaite, et peut se continuer indéfiniment quelle que soit l'intensité du courant que l'on emploiera.

La faible consommation, *o* amp. 2, du courant auxiliaire, fait que les piles sèches même, pourraient être employées, mais il est inutile d'avoir des piles séparées de celles qui alimentent la bobine, on prend sur ces dernières un ou deux éléments suivant les plans remis avec l'appareil.

Enfin, nous avons l'interrupteur électrolytique Wehnelt, le dernier venu, qui est entré dans la pratique et qui donne de bons résultats (fig. 15 et 16).

Le principe de l'appareil est le suivant: dans une cuve électrolytique, l'électrode positive est constituée par un fil de



Fig, 15. — Cuve Wehnelt

platine soudé dans un tube en verre et ne plongeant dans le liquide acidulé (1/10 d'acide sulfurique) qu'une faible partie de sa surface, tandis que que l'électrode négative est une lame de métal d'une surface plongeante très grande par rapport à l'électrode positive conductrice du courant, mais non attaquable par l'acide. Lorsqu'on lance un courant de 80 à 110 volts; la décomposition de l'eau se produit immédiatement avec un

dégagement de lumière et de chaleur au côté du platine.

De l'électrode positive, il se dégage des bulles d'oxygène, par suite de la décomposition de l'eau, chaque bulle d'oxygène forme autour du platine une gaîne protectrice isolante et produit une interruption de courant de durée extrêmement courte, car la bulle crève presque aussitôt après sa formation,

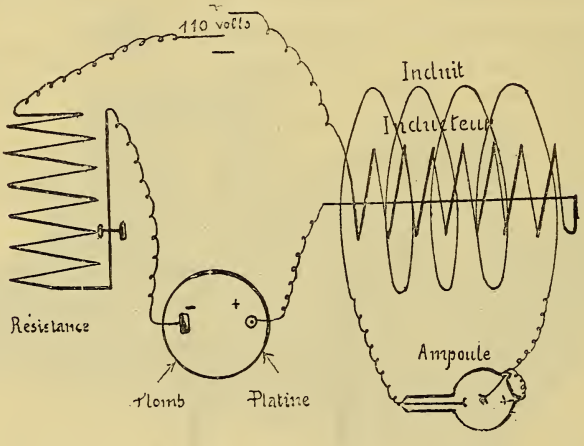


Fig. 16. — Plan de montage du Wehnelt

le platine se retrouve au contact de l'eau et le courant passe à nouveau. Or, ces phénomènes se produisent de 500 à 800 fois en une seconde. En se servant de cette cuve comme interrupteur, on obtient un appareil idéal pour la radioscopie et d'un bon marché inconnu jusqu'à ce jour dans les appareils de physique.

L'eau acidulée s'échauffe rapidement, et vers 75 ou 80°, devient mauvaise conductrice ; il est nécessaire, par un dispositif simple, de refroidir le vase où se produisent les décompositions électrolytiques.

En employant l'alun, on évite cet échauffement.

Le montage de cet appareil est fort simple comme l'indique la figure schématique (Fig. 16.)

On prend le courant à la source (soit le secteur électrique dans une ville, ou le courant fourni par une usine ou par des

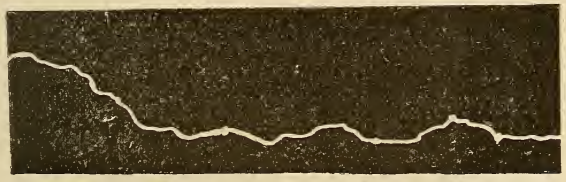


Fig. 17. — Etincelle de 65 cent.
(interrupteur Radiguet, cuivre-cuivre).

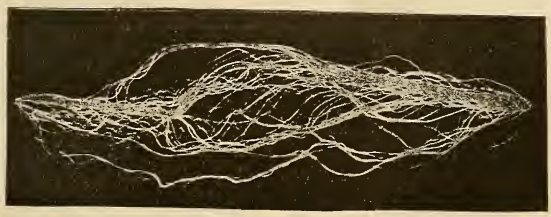


Fig. 18. — Etincelle en écheveau (interrupteur Wehnelt).

appareils locaux), le pôle positif X est relié à l'une des bornes de l'inducteur de la bobine de Ruhmkorff ; l'autre extrémité de l'inducteur est fixée à un fil qui se rend au pôle positif (platine) de la cuve électrolytique (interrupteur). Le pôle négatif est relié à un rhéostat, puis au pôle négatif de la cuve (plomb).

L'induit de la bobine est relié au tube de Crookes qui produit des rayons X. Cet interrupteur n'est pratique que lorsqu'on emploie des courants élevés, parce qu'il absorbe jusqu'à 70 0/0 de l'énergie de la source électrique.

Les étincelles que l'on obtient avec cet appareil sont com-

Fig. 19. Rhéostat.

plètement différentes des autres. Ainsi, nous reproduisons, d'après des photographies, l'étincelle produite par une bobine munie d'un interrupteur ancien modèle, et une étincelle obtenue avec la cuve électrolytique du docteur Wehnelt, on pourra juger de la différence (Fig. 17 et 18).

Cet interrupteur convient bien pour le radioscopie, il permet une production constante de rayons X.

Fig. 20. — Radiographie d'une tête humaine.

§ 3. — *Les ampoules ou tubes*

I. — DESCRIPTION

On a créé un grand nombre d'ampoules pour la production des rayons. Quelles que soient leur forme et leur dimension, elles consistent en un récipient en verre soufflé, dont le vide est aussi parfait que possible. Deux ou plusieurs tiges sont enfoncées dans l'épaisseur des parois et pénètrent à l'intérieur pour donner passage au courant ; une amorce est réservée, c'est par là qu'on fait le vide ; on ferme au chalumeau lorsque l'opération a été faite. Pour obtenir le vide, on se sert d'une pompe pneumatique à mercure, dont il existe plusieurs modèles.

Les rayons X ont été obtenus avec des ampoules construites en vertu de deux théories. La première, celle employée, dès le début est basée sur l'action directe du rayonnement; la seconde (celle à qui l'on doit la grande rapidité en radiographie), utilise l'action des rayons cathodiques réfléchis (1).

Les premières ampoules, celles du début qui permirent la découverte du phénomène, étaient à action directe, c'est-à-dire qu'on utilisait les rayons émis par la cathode et passant à travers la paroi du verre pour aller, dans une direction rectiligne, frapper la plaque à impressionner.

La deuxième série d'ampoules, celle qui a fourni tous les les brillants résultats enregistrés jusqu'ici est basée sur la réflexion des rayons cathodiques. (2)

---

(1) Une certaine théorie admet que ces rayons sont transformés et non réfléchis.

(2) Nouvelles scientifiques et photographiques (avril 96).

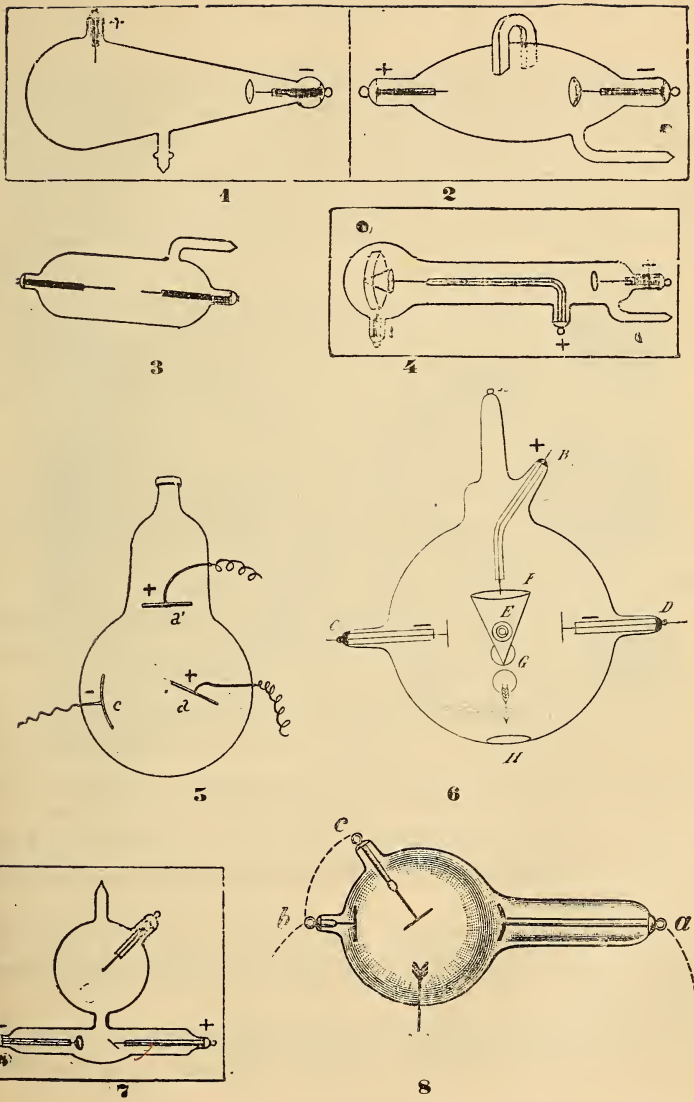


Fig. 21. — Collection d'ampoules 1, 2, 3, modèles des tubes de Crookes ayant servi au Dr Rœntgen pour la découverte des rayons X, 4 ampoule Seguy—5 ampoule bianodique — 6 ampoule G. Brunel — 7 tube Collardeau — 8 tube bianodique Muret.

Les ampoules contiennent, en principe, deux anodes et une cathode. L'une des anodes est formée par un disque plat en platine, incliné à 45°, appelé quelquefois miroir, et qui réfléchit les rayons cathodiques vers une partie de l'ampoule.

C'est après d'assez nombreuses recherches, qu'on arriva à deviner que dans les ampoules, le métal volatilisé était projeté sur la paroi intérieure du tube et finissait par la métalliser et nuisait peu à peu à la puissance des rayons. M. Georges Brunel avait imaginé une combinaison d'ampoule à anodes et cathodes multiples suivant une théorie qu'il avait exposée en 1896, mais qui n'est pas entrée dans la pratique, à cause des difficultés de construction.

Nous représentons sur notre figure 21, plusieurs formes de tubes en insistant sur les propriétés de chacune d'elles. Les modèles 1, 2 et 3 sont historiques, c'est avec eux que Rœntgen faisait ses expériences lorsqu'il découvrit les rayons X. Ces tubes sont dits de Crookes, la durée de pose est longue, il se produit au bout de peu de temps une métallisation intérieure du verre qui nuit au passage des rayons. Ces tubes sont présentés à titre de documents.

Le n° 5 est l'ampoule bianodique qui a fait faire un grand pas à la radiographie. Le temps de pose a été diminué considérablement, puisque on obtient en quelques secondes ce qui demandait avec les anciens modèles plusieurs minutes.

Le n° 7, le tube Callardeau contient une électrode en palladium; ce tube modifié par M. Chabaud est auto-compensateur de la raréfaction

Le n° 8 est le tube bianodique modifié désigné par M. Radiguet, sous le nom de tube Muret ; il est d'usage courant maintenant.

Le n° 6 dû à M. Georges Brunel et construit par M. G. Seguy, est la mise en œuvre d'une idée conçue presqu'au début

de la découverte, il est à réflexion totale, il est à quatre cathodes C D E G, cette dernière est masquée sur la figure par le cône renversé F qui constitue l'anode dont les arêtes sont à 45° par rapport aux surfaces cathodiques.

L'aire de concentration en H est minime, mais la puissance du rayonnement est grande. Ce tube a servi seulement à des

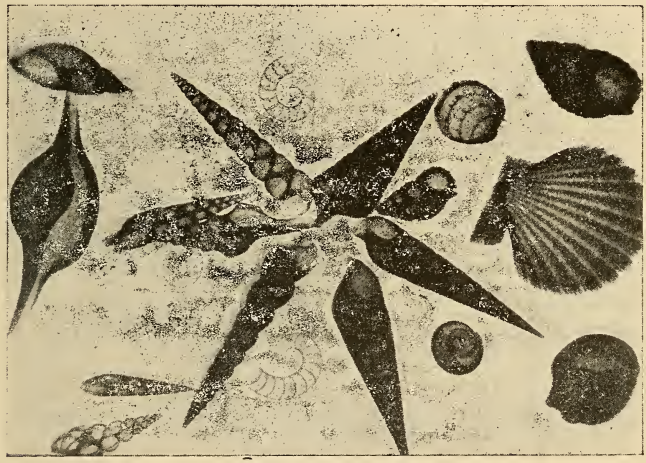


Fig. 22. — Coquillages divers soumis aux rayons X.
(Epr. de M. G. Séguy).

expériences de laboratoire et n'est pas entré dans la pratique à cause de son prix élevé.

En résumé :

Quels que soient les systèmes de tubes à vide que l'on utilise, ils sont tous dérivés des tubes de Crookes vidés au 1 millionième et ils sont constitués pour concentrer les rayons cathodiques sur une très petite région de la lame métallique formant

l'anode ou anti-cathode. Cette sorte de foyer d'émission a fait donner à ces tubes le nom de « Focus ».

II. — Fonctionnement des tubes

Avant de servir d'un tube, il faut :

1° Vérifier la sûreté des contacts partout où il y a connexion.

En effet, une vis insuffisamment serrée oppose une résistance au passage du courant ; il en résulte une étincelle ou simplement un échauffement du fil, de toutes façons une perte de courant nuisant au bon fonctionnement.

Ceci vérifié, et le trembleur bien réglé, il reste à monter le tube, lequel doit être choisi suivant les opérations à exécuter.

2° Le tube doit être parfaitement propre.

Le fonctionnement du tube attire les poussières, si elles ne sont enlevées immédiatement, elles adhèrent au verre, il est indispensable alors de les enlever en lavant le tube à l'eau et au savon minéral, puis de le bien rincer.

Il faut posséder au moins deux séries de tubes :

Les uns de faible résistance, les autres de résistance plus grande.

Les tubes de faible résistance fonctionnement avec peu de courant ; ils sont réservés pour les faibles épaisseurs et donnent à l'écran radioscopique de bonnes oppositions ; c'est-à-dire les os relativement noirs par rapport aux chairs.

Les tubes de grande résistance ont une puissance de pénétration beaucoup plus grande, les os étant traversés donnent plus facilement une ombre moins noire ; ces tubes sont réservés pour les grandes épaisseurs.

Les tubes résistants doivent être chauffés fortement et régulièrement pour bien fonctionner.

On reconnaît qu'un tube est devenu résistant lorsque des gerbes lumineuses se produisent en grande quantité autour

Fig. 23. — Pied radiographié (Epr. de M. G. Brunel)

des bornes et des conducteurs; ces effluves cessent lorsque le tube fonctionne dans des conditions convenables.

Avant que les effluves paraissent, l'aspect du tube change, la zone verdâtre devient laiteuse et d'un aspect marbré, puis des crépitements se font entendre autour de l'ampoule.

Pour employer un tube résistant, il faut comme nous l'avons dit, le chauffer fortement et régulièrement dans toutes ses parties; on arrive facilement après quelques tâtonnements, à apprécier la température convenable pour chaque tube.

Il n'y a pas d'inconvénient à la dépasser un peu. De toutes façons, on s'en rend un compte très exact à ce qu'il se produit des zones violacées paraissant se rendre de la cathode vers l'anode, mais ces zones disparaîtront au bout de quelques instants et le tube n'aura pas eu à en souffrir.

Pendant le fonctionnement des tubes, il faut surtout éviter de toucher les parois; il faut aussi interrompre le courant, dès que les étincelles se promènent le long du tube; les étincelles percent presque toujours l'ampoule et les trous produits sont toujours invisibles, c'est pourquoi l'air y entrant très lentement, certains tubes sont devenus mauvais plusieurs jours après avoir été percés. Il faut que le praticien fasse un apprentissage préalable pour arriver à opérer à coup sûr au moment nécessaire.

Il est impossible de préciser la durée de fonctionnement, un tube bien conduit peut faire un service très long, plusieurs mois d'un service journalier.

Enfin, nous conseillons d'étudier pour chaque tube quelle est la longueur d'étincelle convenant à son fonctionnement; c'est ce que l'on est convenu d'appeler *l'étincelle équivalente.*

Le tube fonctionnant bien, c'est-à-dire la zone étant colorée régulièrement, on place entre les bornes de l'induit de la bobine deux excitateurs (une pointe et un plateau de préférence), on cherche alors en rapprochant plus ou moins les deux tiges

Fig. 24. — Radiographie d'un lézard (Epr. Van Heurck).

quelle est la distance à laquelle le courant passera indifféremment, soit sous forme d'étincelle entre les deux excitateurs, soit dans le tube en l'actionnant convenablement.

On dira alors le tube numéro x, demande une étincelle de x centimètres.

Depuis que les applications des rayons X sont chose courantes, on a reconnu qu'il est préferable d'exciter de gros tubes avec de puissantes bobines, ce qui permet de placer el sujet à une grande distance du point d'émission et évite les dangers de brûlure ; les résultats obtenus n'ont fait que confimer l'utilité de cette méthode. Aussi, conseillons-nous toujours l'emploi de grosses ampoules d'une grande robusticité, d'un maniement facile et dans lesquels le tube ne varie qu'après un long usage.

Le tube bianodique réunit ces conditions. Cette forme est maintenant universellement adoptée.

Le tube *Muret*, est spécialement construit pour la radioscopie intensive et la radiographie des fortes épaisseurs.

Divers procédés ont été conseillés pour supprimer les effluves se produisant autour d'un tube de Crookes en action, effluves d'autant moins intenses que le tube fonctionne bien.

Le dispositif suivant que nous conseillons a été réalisé par M. Radiguet. Il est constitué par une simple bande d'aluminium dentelée, aux extrêmités de laquelle des boutons métalliques ont été fixés (fig. 27).

Avant de mettre l'ampoule en marche, on l'entoure suivant le plan de l'anti-cathode avec le pareffluves que l'on fixe avec un élastique reliant les boutons de chaque extrémité de la bande.

Lorsque l'on a besoin d'un état de résistance exigé par les besoins de la radiographie ou de la radioscopie on peut se servir de l'*osmo-régulateur* Villard qui se compose d'un sim-

ple tube de platine fermé à l'une de ses extrémités, soudé par son autre extrémité au tube de Crookes ; quand le tube de platine est chauffé au rouge, il devient poreux à l'hydrogène.

Si donc on chauffe directement ce tube au rouge vif dans une flamme quelconque comme toutes les flammes contiennent de l'hydrogène libre, celui-ci entrera dans le tube de

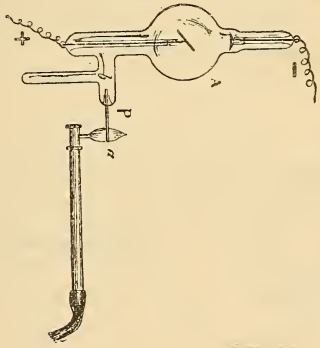


Fig. 25-26. — Osmo-régulateur Villard.

Crookes en traversant la paroi du tube de platine devenue poreuse. Le chauffage cessant, le tube de platine redevient imperméable et le gaz qui a pénétré ne peut plus ressortir: On peut également retirer du gaz de l'ampoule il suffit pour cela de chauffer le tube de platine au rouge, mais à l'abri du contact de la flamme.

On entoure le tube de platine d'un petit manchon protecteur en platine également, à l'intérieur duquel l'air circule librement.

HARVARD UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH LIBRARY

C'est ce manchon que l'on chauffe extérieurement au rouge vif dans un bec de gaz en ayant soin que la flamme ne pénètre pas à l'intérieur ; dans ces conditions le petit tube de platine n'est entouré que d'air chaud et l'hydrogène du tube de Crookes s'échappe peu à peu au travers des parois. Cette opération est nécessairement plus longue que celle qui consiste à introduire du gaz, parce que la pression de l'hydrogène dans le tube de Crookes est toujours très petite, mais le succès n'en est pas moins assuré pour cela.

Nous pouvons résumer les *impedimenta* des ampoules dans les deux paragraphes suivants :

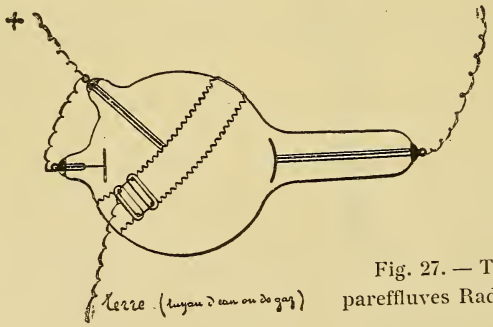


Fig. 27. — Tube pareffluves Radiguet.

Cas d'un tube trop résistant. — Si le courant de la bobine ne peut pas passer dans le tube de Crookes où si l'étincelle équivalente est trop longue, auquel cas on n'obtient que des clichés gris on peut introduire du gaz dans le tube en opérant avec l'osmo-régulateur Villard quelques secondes suffisent pour mettre le tube en état de fonctionner. A défaut de cet appareil, chauffer le tube comme il a été dit plus haut (page 48).

Cas d'un tube trop peu résistant. — Un tube de ce genre donne des rayons peu pénétrants ou même n'en donne pas :

sa résistance correspond à une étincelle équivalente trop petite il faut alors extraire du gaz avec l'Osmo-régulateur Villard ou employer un courant plus faible.

§ 4. — *Ecrans et supports*

Certains corps ont la propriété de devenir phosphorescents ou fluorescents sous l'action de la lumière.

On ne connaît pas l'explication du phénomène de la phosphorescence. Ce fait a été remarqué vers 1600 en Italie. Une pierre ayant été calcinée, on vit qu'elle émettait des lueurs dans l'obscurité après avoir été exposée à la lumière. C'était du sulfate de baryte qui avait été transformé en sulfure de baryum par la calcination. Le platino-cyanure de baryum, le sulfure de zinc, le tungaste de calcium, le platino-cyanure de potassium, jouissent de la même propriété. Ces corps émettent dans l'obscurité des radiations lumineuses sans que leur température diffère du milieu ambiant. Les radiations ultra-violettes ont une action marquée sur la phosphorescence ; les rayons X jouissent à un haut degré des mêmes propriétés.

M. Salvioni, de Pérouse,et presque en même temps Edison ont construit des écrans formés d'une feuille de fort papier enduit d'une substance fluorescente et tendu sur un cadre en bois.

Un certain nombre de substances ont été employées. Sulfure de zinc phosphorescent (Ch. Henry). Platino-cyanure de potassium (Silv. Thompson) Sels d'uranium (Henri Becquerel). Platino-cyanure de baryum (Rœntgen). Tungastate de potassium (Edison).

La substance choisie pulvérisée doit être étalée sur une feuille de papier collodionné, et l'excédant est rejeté ensuite. Plus la couche est égale et homogène, plus les images sont

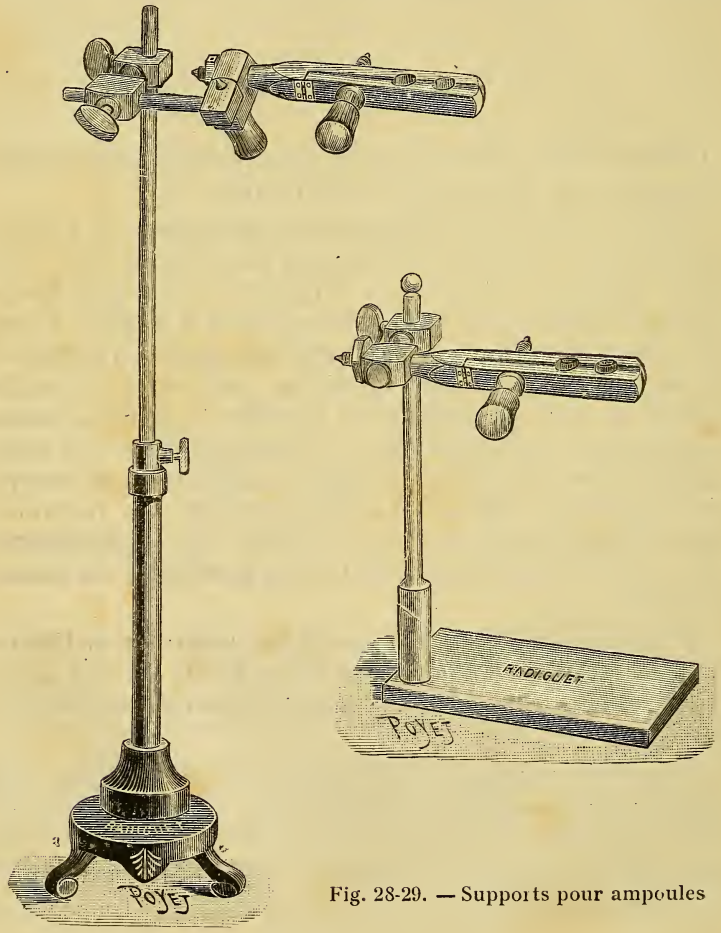


Fig. 28-29. — Supports pour ampoules

nettes. C'est le platino-cyanure de baryum qui donne les meilleurs résultats.

Il est difficile de préparer soi-même les écrans ; il est préférable de les acheter dans le commerce.

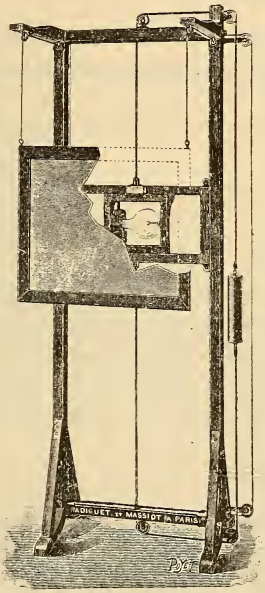


Fig. 30. — Cadre Guilleminot.

Les écrans sont vendus tout préparés, ils sont enduits d'une couche de platino-cyanure de baryum.

Pour supporter les ampoules et les écrans, il y a deux catégories d'appareillage, bien distinctes: les unes seront de sim-

ples supports de tubes ou d'écran ou réuniront les tubes et les écrans, voire aussi la plaque photographique ; les autres seront des supports d'une construction plus soignée, aux mouvements combinés permettant de donner aux ampoules, à l'écran, des positions déterminées, certains même permettant de chiffrer ces positions.

Ces modèles indiqués sur nos figures 28 et 29 s'expliquent d'eux-mêmes. L'un est à hauteur facultative, il est destiné à reposer sur le sol, l'autre se met sur une table, un meuble. Ils portent chacun une pince en bois destinée à maintenir le tube.

Comme supports composés, il y a le cadre porte tube du Dr Guilleminot (fig. 30) permettant l'examen radioscopique facile du malade debout.

Les deux montants verticaux portent des rainures sur leurs faces internes ; le long de ces rainures glisse un cadre carré contenant un autre cadre supportant le tube, on a donc ainsi les deux mouvements en hauteur et en largeur, en effet le grand cadre se déplace verticalement et le second horizontalement.

L'écran fluorescent se trouve derrière, suspendu par un contre-poids et pouvant s'élever et s'abaisser à volonté.

L'examinateur peut avec ce support déplacer l'ampoule en tous sens et produire ainsi sous des angles différents des ombres et des clairs qui lui permettent d'apprécier très exactement la nature des anomalies qui font l'objet de l'examen.

Pour certaines opérations chirurgicales importantes on pourra utiliser le *fauteuil radiographique Radiguet,* tout en bois, qui assure au malade une position aisée et lui permet de conserver sans fatigue l'immobilité pendant l'opération. Ce fauteuil se plie à toutes les exigences des opérations.

§ 5. — *Production du courant*

Le courant peut être fourni par des piles, des accumulateurs ou le courant de la ville, (pour ce dernier cas, il faut ajouter un réducteur de potentiel à l'installation).

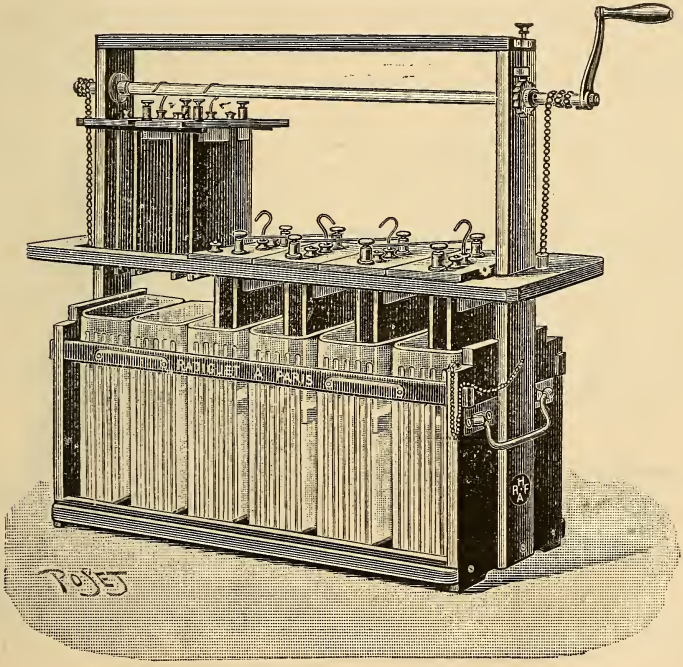


Fig. 31. — Batterie de 6 piles au bichromate

Mais dans les cas les plus généraux ou se sert d'accumulateurs et de piles électriques.

Pour ces dernières deux sortes peuvent être employées: 1°

les piles Bunsen ; 2° les piles au bichromate de potasse. Tous les accumulateurs sont bons.

La pile Bunsen est formée d'un vase extérieur en grès contenant un cylindre ouvert en zinc, dans l'intérieur duquel est un autre vase poreux contenant un bâton de charbon de cornue et de l'acide azotique. Le premier vase renferme de l'eau avec 10 0/0 d'acide sulfurique. Cette pile fournit un courant très énergique, seulement elle dégage des vapeurs nitreuses nuisibles à la santé, et il est utile qu'elle soit démontée tous les cinq ou six jours.

La pile au bichromate de potasse à un seul liquide, genre Poggendorff, remplace la pile Bunsen avec avantage. Elle donne un courant intense et ne produit pas de vapeurs nuisibles, Notre figure 31 représente un type commode pour les petites bobines de Ruhmkorff. Elle est à 6 piles, à grande surface ; les éléments sont indépendants et peuvent être groupés en tension ou en quantité.

Nous donnons ci-dessous le nombre d'éléments utiles suivant la grandeur d'étincelle fournie par la bobine :

SOURCE ÉLECTRIQUE	LONGUEUR D'ÉTINCELLE DE LA BOBINE EN CENTIMÈTRES					
	15	**20**	**25**	**35**	**40**	**55**
Piles	5	6	8	9	12	20
Accumulateurs	3	5	6	8	10	14
Ampères	5	6	6	7	8	9

CHAPITRE IV

Technique opératoire

§ I. *Dispositif pour la radioscopie*

En mettant entre le cadre et l'ampoule l'objet à examiner et en se plaçant dans l'obscurité, on voit immédiatement les ombres se dessiner sur l'écran. Ainsi, si on met la main entre l'écran et l'ampoule, l'ossature se montre immédiatement avec une très grande netteté.

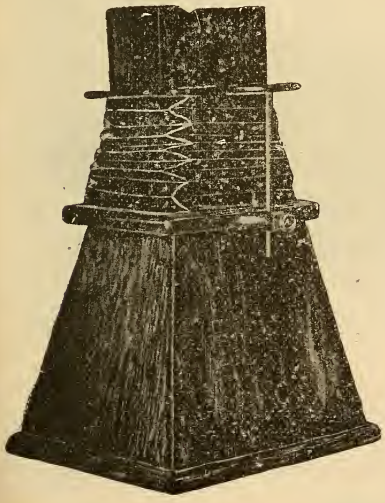


Fig. 82. — Chambre radioscopique.

On peut fixer l'écran et se mettre sous un voile noir, comme pour la mise au point dans les opérations photographiques, lorsque la salle où l'on opère est éclairée.

La surface préparée de l'écran doit être tournée vers l'observateur.

La production de l'image est instantanée.

On doit employer des bobines et des ampoules plus puissantes que pour la radiographie.

Ce nouveau procédé d'investigation, plus rapide que la radiographie, est appelé à rendre de grands services, dans tous les cas, où un témoin n'a pas besoin à être conservé.

Les écrans au platino-cyanure doivent être conservés en plein jour pour ne pas perdre de leurs qualités.

L'examen radioscopique doit utilement se faire dans une pièce obscure à moins qu'on soit pourvu d'un viseur spécial, sorte de lorgnette qui protège les yeux contre les rayons lumineux et dont le fond est constitué pour un écran fluorescent. On applique le fond de cet appareil dit *chambre radioscopique* sur la partie à examiner, on fait exciter le

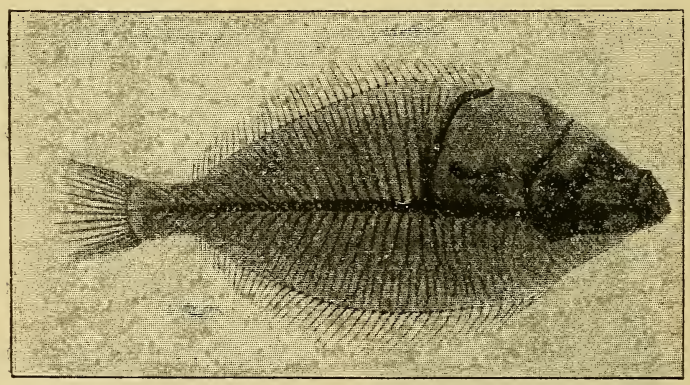


Fig. 33. — Poisson radiographié. (Ep. du Dr Van Heurck).

tube et on voit alors se dessiner dans le fond de la lorgnette (sur l'écran) l'image radioscopique.

On peut toujours faire précéder une opération radiographique par un examen radioscopique ; il faut avoir soin seulement qu'il n'y ait pas de plaques photographiques dans la salle où l'on opère. Nous reviendrons encore sur cette recommandation essentielle, on le comprendra sans peine.

§ II. — *Dispositif pour la radiographie*

Différents moyens sont employés pour placer le tube et l'objet suivant les supports qu'on emploie.

Celui que nous avons employé pour les petits objets courants nous a toujours réussi. Il est représenté sur notre fig. 34.

Il est utile pour ne pas détormer l'objet qu'il soit placé perpendiculairement aux rayons X c'est-à-dire vers la partie de l'ampoule appelée anticathode, là ou est l'émission des radiations.

Mais l'activité des parois est très grande et l'épreuve que nous reproduisions figure 35 a été obtenue en 25 minutes, dès le début de la découverte, avec une ampoule à deux électrodes, les objets étaient placés latéralement à l'ampoule et parallèllement à l'axe des électrodes. Le résultat a été très satisfaisant (1). C'est la première épreuve obtenue en public à l'issue d'une conférence, faite par l'auteur de ce livre.

L'ampoule doit être éloignée de 20 à 60 centimètres suivant la nature, l'épaisseur et le volume des objets à radiographier.

Par contre, les objets doivent être posés dessus la plaque ou tout contre, afin d'éviter les ombres. Si on approche trop l'ampoule des objets, on obtient des ombres déformées qui nuisent à la netteté des images.

La plaque photographique doit être protégée par plusieurs épaisseurs de papier à aiguille, ou mise dans un coffre en bois mince, ou laissée dans un châssis négatif, rideau baissé.

---

(1) Sur le côté gauche il y avait une bourse eu cuir, les deux épaisseurs ont été traversées ; à droite était une boîte d'allumettes-bougies renfermant une pièce de 50 centimes. En dessous, se trouvaient deux pièces, l'une posée librement, l'autre mise sous une plaque d'aluminium de 1/10 de millimètre d'épaisseur.

On peut concentrer et donner plus de puissance aux rayons, en faisant usage d'un diaphragme en verre ou en plomb dont l'ouverture (ronde ou longitudinale) coïncide sensiblement avec la grandeur des objets.

Lorsqu'on désire se rendre compte de la profondeur d'un

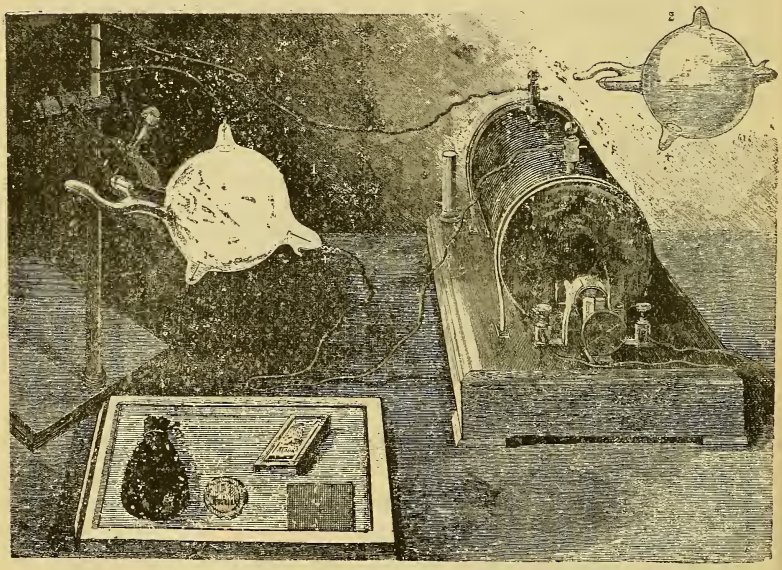


Fig. 34. — Dispositif G. Erunel pour les petits objets

objet logé dans un corps (balle dans une jambe, par exemple), nous conseillons de prendre le dispositif que nous avons imaginé. On dispose deux ampoules placées dans un sens différent.

Sur la photographie, on aura donc deux images dont l'écartement, par un petit calcul très simple, donnera la profondeur cherchée. Soit O la coupe de la partie à explorer, *c* le

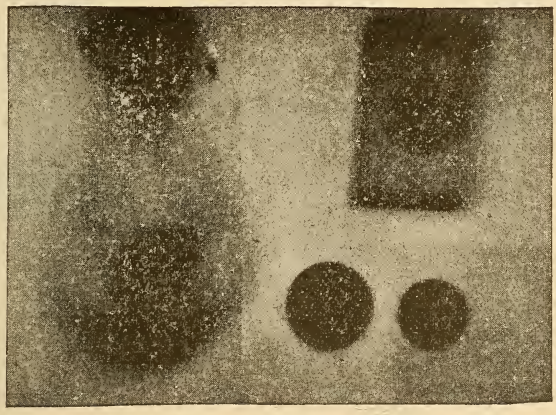


Fig. 35. — Reproduction d'une épreuve obtenue avec le dispositif ci-contre.

corps étranger, PP' la plaque photographique. AA' les deux ampoules (fig. 36).

Suivant la direction donnée au flux cathodique, les ombres du corps seront projetées en A B' et, A'B, et au développement sur la plaque photographique, on aura les images en B B'. On n'aura qu'à mesurer la distance des ampoules A A', reporter cette mesure avec les positions exactes sur une

feuille de papier comme c'est indiqué dans la figure 37. La hauteur h h' du triangle B h B', mesuré de h à h'. donnera la situation exacte du corps étranger *c* dans la partie O, ou sa distance de la ligne tangente *s s'*, sans aucun calcul trigonométrique.

Il existe différents appareils de précision pour obtenir les résultats analogues. Nous citerons : le radioscope de Londe et le compas Massiot.

Le *radioscope* explorateur Londe est construit de façon à amener un des rayons émis par une ampoule A, à passer par deux points MM' normaux (par construction) à un écran fluorescent S, afin de permettre de placer sur ce parcours la partie intéressante D, qui gît dans l'organisme (balle, fracture, etc.)

Dans cette position, la projection D D' coïncide avec le centre M'. Pour connaître la profondeur à laquelle se trouve le corps étranger par rapport à M' ou M', on déplace le point d'émission et on l'amène en A'. Par exemple, la projection D se fait alors en D' L', ne s'occupant que du corps étranger, on arrive à placer un index métallique de telle sorte que son ombre se projette exactement au même point que D', il est évident alors que cet index aura été placé à l'endroit exact où se trouvait le corps étranger D. Il ne reste qu'à mesurer la distance M' D pour avoir la position exacte, (fig. 38 et 39).

Le *compas* Massiot, appareil perfectionné sert pour la détermination et l'indication exacte de la profondeur du corps opaque dans l'organisme cet appareil possède l'avantage de donner aussi la direction et la profondeur du corps opaque par rapport au point de la surface du corps indiqué par le chirurgien pour l'extraction, sans qu'il soit nécessaire de recommencer l'opération (1).

(1) La notice de cet instrument est envoyée franco. La demander à MM. Radiguet et Massiot, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire.

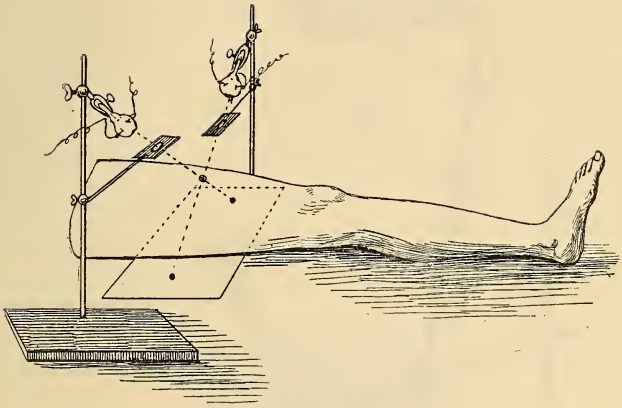


Fig. 36. — Dispositif G. Brunel pour la détermination exacte d'un corps étranger dans l'organisme.

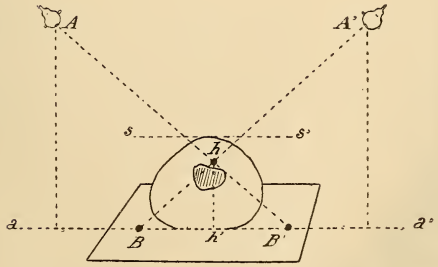


Fig. 37. — Détermination graphique de la position du corps étranger.

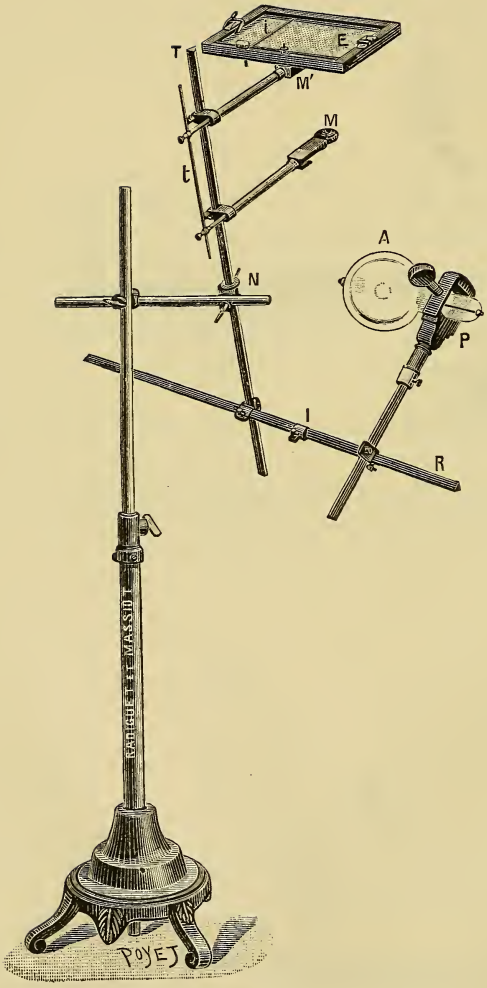


Fig. 38-39. — Radioscope explorateur de Londe et son pied.

Ces méthodes que nous indiquons rendront de grands services pour les recherches chirurgicales des corps étrangers dans l'organisme.

Avant d'opérer, on doit toujours essuyer les ampoules avec soin afin qu'il n'y ait aucune trace de poussières ni d'humidité.

On maintient les tubes à l'aide de pieds en bois à pinces (support de chimie), comme l'indique nos figures.

On relie les électrodes aux bornes de la bobine d'induction et on ferme le courant.

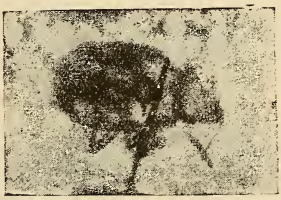


Fig. 40. — Squelette d'un coléoptère.

Les radiations doivent aller dans l'ampoule du pôle négatif (cathode) au pôle positif (anode). On le remarquera facilement, car il se produit autour de la cathode une partie obscure, tandis qu'une fluorescence jaune-verdâtre se forme autour du pôle positif. S'il en était autrement, on n'aurait qu'à inverser le courant à l'aide du commutateur.

Pour prendre une partie du corps, bras, cuisse, pied, etc., nous conseillons l'emploi de pellicules souples qui épousant les contours de la partie à radiographier, se prêtent parfaitement à cette opération mais il faut tenir compte alors des déformations produites par la surface courbe sur laquelle l'image est reçue.

III. — OPÉRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

Il faut posséder les produits suivants :

Des plaques sensibles au gélatino-bromure d'argent.
Des pochettes de papier (au citrate ou au bromure).
Un révélateur.
Un fixateur.
Un viro-fixateur.
Un renforçateur.

I. — PLAQUES. — Toutes les marques de plaques au gélatino-bromure d'argent peuvent servir. Elles donneront plus ou moins de bons résultats, mais toutes donnent une image. Il existe des plaques spéciales fabriquées par quelques maisons de produits photographiques.

Les plaques doivent être enveloppées dans du papier noir mat, les bords étant rabattus sous la plaque, de façon que la partie sensibilisée soit face en dessus, c'est-à-dire du côté où se trouve l'objet à radiographier. On ne doit préparer les plaques qu'au fur et à mesure des besoins. En mettant sous la plaque une feuille de plomb, on peut atténuer le *voile* produit par les rayons X, voile qui nuit à la netteté de l'image.

Les plaques doivent être conservées dans l'obscurité, à l'abri de l'humidité. Comme elles sont généralement de grandes dimensions, il est préférable de placer les boîtes sur

(1) Pour plus de détails, on lira avec fruit les deux ouvrages suivants de l'*Encyclopédie de l'Amateur photographe* de Georges Brunel : *Les clichés negatifs* et les *Epreuves positives*, 2 vol. B. Tignol éditeur.

Fig. 41. — Oiseau photographié.

Fig. 42. — Le même radiographié.

champ, au lieu de les mettre à plat. Dans cette position, les verres pourraient se casser, rien que par le poids. Cette recommandation est encore plus essentielle pour les clichés, c'est-à-dire pour les épreuves sur verre.

II. Papiers. — Les épreuves sur *papier au citrate* sont plus fines, plus vigoureuses, mais elles demandent plus de temps pour les tirer. Les épreuves sur *papier au bromure* viennent rapidement et dans la plupart des cas sont suffisantes.

Le papier *au citrate* se tire au châssis-presse avec exposition au soleil; il se termine par un bain de viro-fixateur.

Le *papier au bromure* se tire au châssis-presse à la flamme d'une bougie ou d'un bec de gaz; il se *développe* dans un révélateur dont le bain suivant peut être recommandé :

Eau.....	1000 c.c.
Sulfite de soude cristallisé	100 gr.
Amidol.....	20 —

Pour l'usage on prend :

Eau.....	100 c.c.
Révélateur..... 10 à	20 c.c.
Solution de bromure à 10 0/0.	q.q. gouttes.

On termine après lavage à l'eau pure par un bain de fixage à l'hyposulfite de soude (IV page 71) dans lequel on fait dissoudre 4 % d'acide acétique. Il faut laisser les épreuves environ 15 minutes dans ce bain.

III. Révélateur. — Les plaques se développent dans un bain appelé révélateur dont il existe un grand nombre de formules. Celle que nous indiquons donne d'excellents résultats, elle est énergique.

Eau.	1000 c.c.
Métol	3 gr.
Hydroquinone.	7 —
Carbonate de potasse pur	50 —
Sulfite de soude cristallisé . , . .	100 —

On met les produits dans un litre, on verse de l'eau chaude dessus et on laisse reposer 24 heures. Pour s'en servir, on étend le révélateur de son volume d'eau. Les vieux bains peuvent servir, il suffit d'en jeter la moitié et de la remplacer par de la solution neuve. Au besoin, pour activer la venue de l'image, on peut se servir de la solution neuve comme accélérateur.

Ce révélateur se conserve bien dans des flacons pleins et bien bouchés.

Les plaques doivent être immergées d'un seul coup dans le bain.

Il faut surveiller attentivement l'opération du développement. Lorsque l'image commence à se dessiner, il faut l'examiner par transparence, afin de se rendre compte du degré d'intensité de l'image et d'être ainsi en mesure d'arrêter le développement au moment opportun.

Toutes les opérations doivent se faire à l'abri de la lumière N'employer pour s'éclairer qu'une lampe ou lanterne munie d'un verre rouge-rubis.

IV. Fixateur. — Les plaques en sortant du bain de développement sont *lavées* puis *fixées* dans la solution suivante :

Eau.	1000 c.c.
Hyposulfite de soude . . .	150 gr.

Les plaques une fois dans ce bain peuvent sans danger être exposées à la lumière : il est toutefois préférable de les lais-

ser dans le laboratoire où l'on opère, jusqu'à que le fixage soit achevé, ce qui demande de 5 à 15 minutes.

Pour apprécier la valeur des clichés et en suivre le développement avec précision à la lueur rouge de la lanterne du laboratoire, quelque soit le sujet radiographié, on peut se servir de l'X — posomètre Buguet qui se compose d'une échelle d'opacités formée d'écrans métalliques juxtaposés.

L'échelle comprend trente épaisseurs graduées réparties en trois pièces dans chacune desquelles les opacités successives sont repérées par de petits trous ronds au nombre de dix.

L'instrument est un guide pour le développement de la plaque sensible impressionnée et permet d'apprécier la justesse de la pose et la cause des insuccès.

V. Viro-Fixateur. — On trouve dans le commerce ce produit tout préparé. Si on tient à le faire soi-même, voici une bonne formule :

Eau.....	1000 c.c.
Sulfocyanure d'ammonium. ..	50 gr.
Phosphate de soude.....	5 —
Solution de chlorure d'or à 1 0/0	100 c.c.

Ce bain donne de beaux tons noirs.

VI. Renforcement. — On prépare le bain de la manière suivante :

I. Bain de blanchiment

Eau.....	100 c.c.
Chlohrydrate d'ammoniaque.	5 gr.
Bichlorure de mercure.....	4 —

Préparer 24 heures avant de s'en servir.

II. Bain de noircissement

Eau ..... 100 c.c.
Ammoniaque liquide. 10 c.c.

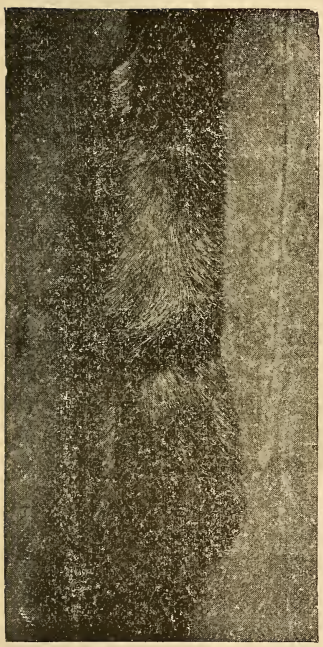


Fig. 43. — Patte de lièvre photographiée.

Fig. 44. — La même radiographiée.

Préparer au moment de s'en servir et éloigner la cuvette du bain de blanchîment.

A défaut d'ammoniaque, on peut se servir du bain d'hy-

posulfite de soude donné au paragraphe IV comme fixateur.

Observations

Il est toujours préférable de tirer une épreuve sur papier d'un négatif, les images sur cette plaque ne se lisant jamais bien nettement.

Quand on regarde le négatif par transparence, c'est toujours par le dos du cliché qu'on doit l'examiner.

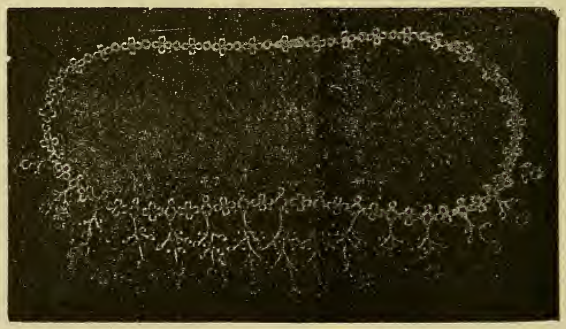


Fig. 45. — Radiographie d'un collier de diamants contenant 4 pierres fausses.

Sur les épreuves, il est utile d'indiquer le côté du corps reposant sur la plaque au moment de la prise du cliché.

La radiographie ne retourne pas les objets.

Il faut se rappeler que les *épreuves radiographiques* sont des épreuves positives *non retournées*, elles représentent le sujet vu par l'œil *placé sous la plaque photographique* ; elles sont la réalisation graphique des images vues de l'écran radioscopique.

IV. — La Pose

Le temps de pose, assez difficile à déterminer exactement, dépend de plusieurs facteurs :

1° Energie employée pour l'excitation de la bobine ,
2° Fréquence des ruptures :
3o Longueur de l'étincelle ;
4° Qualité du tube employé ;
5° Perméabilité des corps ou des sujets.

1° Nous avons donné page 58 la quantité de piles utiles suivant la longueur d'étincelle fournie par la bobine. Il n'y a pas intérêt à augmenter outre mesure l'énergie électro-motrice. Ainsi, au laboratoire de radiographie du Dr Le Roux, à l'Ecole supérieure de Pharmacie, je me suis servi, dès le début des expériences, d'une bobine de 37 centimètres d'étincelles, alimentée par une batterie de 12 piles Bunsen qui a été largement suffisante pour tous les cas.

2° Le maximum de puissance d'une bobine dépend de la self induction de l'enroulement induit et pour un même courant ces conditions changent avec la bobine employée.

Pour ces observations délicates, il sera nécessaire de mesurer ces variations à l'aide d'instruments spéciaux.

Il faut observer que la production des rayons cathodiques varie avec la fréquence des oscillations de l'interrupteur; il faut surveiller cet organe et le maintenir très régulier dans ses mouvements ; on peut ainsi abréger considérablement le temps de pose et obtenir de meilleurs résultats ; mais il faut ajouter que pour une même intensité, la puissance du tube

augmente avec le nombre des interruptions ; il ne paraît pas toutefois que cette cause soit seule en jeu pour la puissance du flux cathodique. La régularité seule, semble être le critérium de cette puissance.

3° La longueur d'étincelle des bobines ne peut pas être indiquée, il faut au moins une bobine donnant des étincelles de 10 centimètres pour obtenir des résultats satisfaisants, pour de petites surfaces, la moyenne est de 25 à 40 centimètres pour des opérations courantes.

4° La production des rayons X dépendant des tubes ou ampoules employés, nous conseillons de prendre les ampoules bianodiques, c'est-à-dire à plusieurs électrodes, qui à volume égal avec les ampoules uni-anodiques et uni-cathodiques produisent des résultats quintuples.

Nous répétons ce que nous avons dit pour les ampoules:

Le tube neuf est souvent très mou au début, puis bientôt, le vide s'accentuant, il devient dur; il faut alors le chauffer. On s'aperçoit que le tube a perdu de son activité, lorsqu'il se produit dans l'ampoule des bandes fugurantes ou que l'étincelle jaillit d'une électrode à l'autre en dehors de l'ampoule de plus il y a un crépitement caractéristique et irrégulier ; il faut alors chauffer le tube avec une lampe à alcool ou procéder comme il a été dit page 52.

Les tubes trop tendres sont décelés par une coloration très claire et donnent des images à contours peu définis; ils doivent être réservés pour les petites épaisseurs.

Pour essayer les ampoules avant l'opération, il suffit de placer sa main sur l'écran et de juger l'image reçue. Si elle est intense, les os sont nettement accusés et le squelette se détache en noir absolu sur le fond fluorescent.

Pour obtenir des résultats toujours comparables, l'observa-

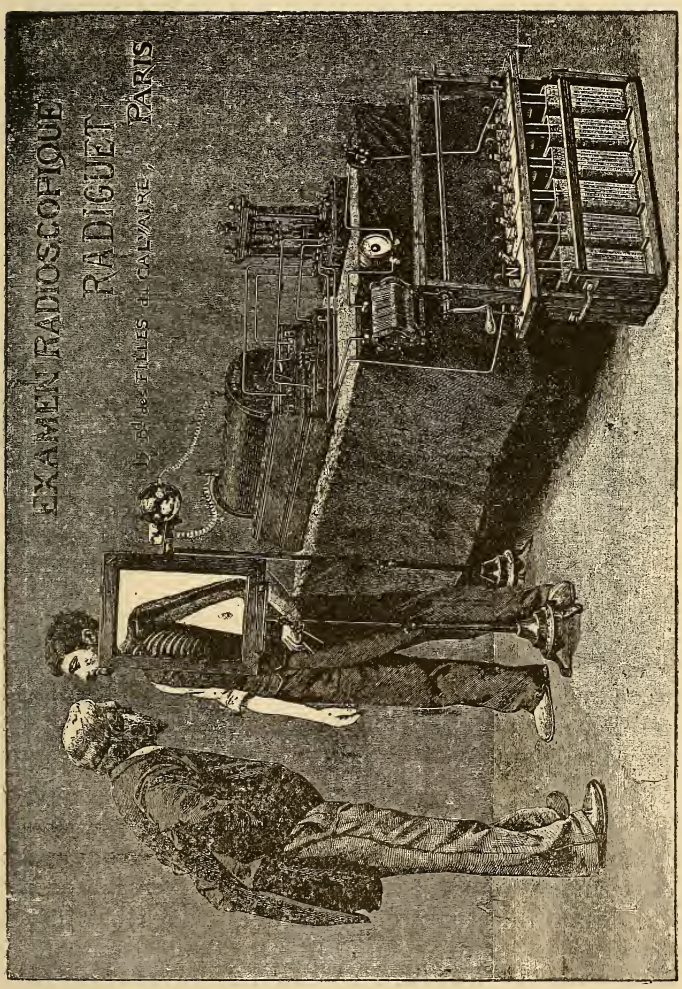


Fig. 46. — Examen radioscopique.

teur devra laisser son œil quelque temps dans l'œilleton de l'*X-omètre* de Buguet à l'abri de toute lumière parasite, assez pour rendre à l'œil sa sensibilité normale. A cette condition, les mesures pourront être faites aussi bien dans une salle éclairée que dans l'obscurité du laboratoire radioscopique.

L'aspect que prend une radiographie change considérablement suivant la position de l'ampoule par rapport au sujet et à la plaque, il est donc nécessaire de déterminer rapidement cette position, si non d'une façon mathématique du moins,

Fig. 47. — X-Omètre de Buguet.

d'une façon suffisamment précise pour les opérations radiographiques courantes.

C'est ce que permet de réaliser le *radioguide* Radiguet ; appareil très simple, d'un maniement facile qui permet de chercher quelle position il faut donner aux tubes pour que le rayon arrive normalement sur l'écran radioscopique ou sur la plaque (fig. 48).

La puissance de l'ampoule est instantanée, dès que le circuit est fermé ; si on s'aperçoit que le rayonnement perd de sa force, il faut interrompre le courant quelques instants. Du reste lorsque la teinte verte se montre dans l'ampoule, la production des rayons X atteint sont maximum d'intensité.

5° Les corps opaques à la lumière sont plus on moins perméables aux rayons X, mais dans les proportions tout à fait différentes. Ainsi le verre, le cristal, qui sont des corps les plus transparents pour la lumière, ne laissent pas passer les rayons X.

En général, les matières d'origine organique et les diverses

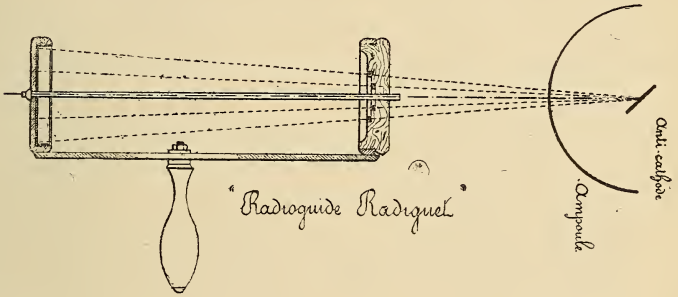


Fig. 48. — Radioguide Radiguet.

variétés de carbone : charbon, graphite, diamant sont aisément traversées, mais si on introduit dans ces corps, des élements minéraux tels que soufre, iode, chlore on les rend opaques. Les métalloïdes solides, soufre, phosphore, iode, sélénium sont opaques, ainsi que leurs dérivés.

Un alcaloïde est transparent, son sulfate ne l'est pas, ce qui est logique d'après ce qui précède.

Parmi les *corps transparents* on peut ranger les suivants :

Liège, bois, étoffes en tous genres, papier, carton, chairs, muscles, peau, cuir, gélatine, celluloïd, carbone et dérivés (diamant, charbon, graphite), ébonite, fibres végétales, pierres précieuses (rubis, émeraudes, etc.).

Corps se laissant traverser en feuilles minces :

Aluminium, argent, tôle de fer, cuivre, étain, plomb, or.

Corps ne se laissant pas traverser :

Cristal, verre, porcelaine, pierres fausses, imitation de diamants, produits chimiques et minéralogiques.

Ces corps ont été rangés dans leur ordre de décroissance de perméabilité aux rayons X.

D'après les expériences de MM. Auguste et Louis Lumière, 150 feuilles de papier albuminé offrent le même degré d'absorption que 300 feuilles du même papier sans albumine ; on peut donc en conclure que l'albumine et le papier sont sensiblement pareils au point de vue de la pénétration des rayons X. Comparé avec l'énergie solaire, le même paquet exposé aux rayons de l'astre, a permis de voir que la 6e feuille ne présentait aucune trace d'image.

On peut estimer que dans des conditions favorables, il faut 2 secondes par centimètre de chair à traverser pour les corps vivants ou les pièces anatomiques.

Pour les distances des ampoules aux objets, on peut dire :

1° Que pour une ampoule moyenne avec 6 à 8 éléments, il faut que la distance soit de 15 à 20 centimètres ;

2° Qu'avec une grande ampoule et une grande bobine, il faut placer les objets de 50 à 80 centimètres ;

L'avantage qu'il y a à employer des bobines à grandes étincelles, permettant d'opérer à grande distance, est de pouvoir obtenir des images normales.

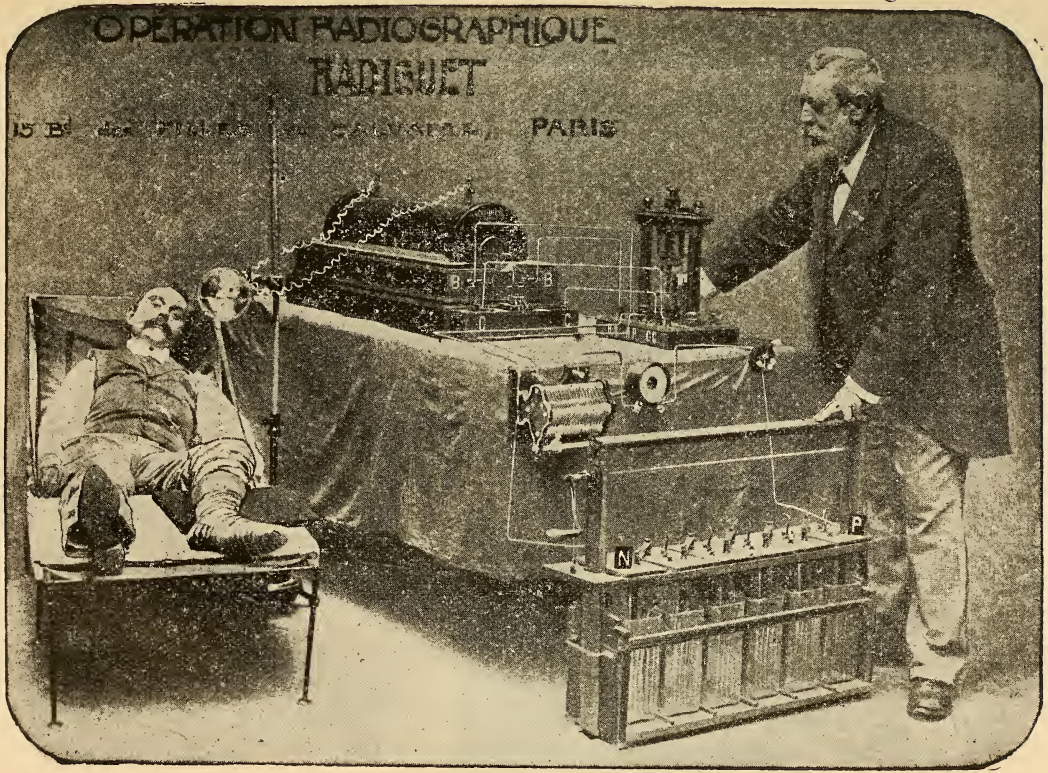


Fig. 49. — Dispositif pour la radiographie

Il est difficile, sinon impossible, d'indiquer un temps de pose, même approximatif. Comme nous l'avons dit, divers facteurs intervenant, nous pensons pourtant qu'en voulant bien tenir compte de nos observations et après quelques essais faits avec le matériel qu'il possède, l'opérateur pourra facilement établir pour lui des bases complètes, lui évitant de nouveaux tâtonnements.

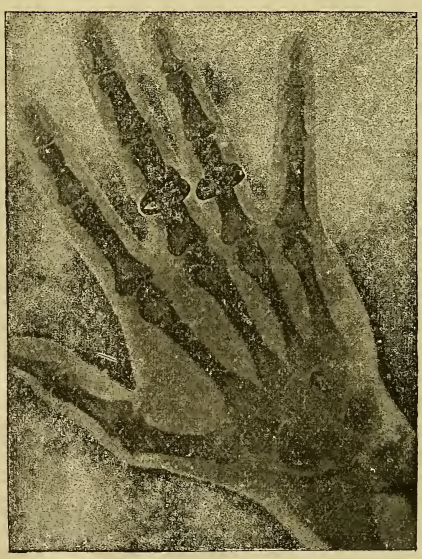


Fig. 50. — Main Radiographiée.

CHAPITRE V

Applications

Chirurgie, Médecine, Histoire naturelle

Dès leur découverte, les rayons ont pu être appliqués aux recherches médicales et chirurgicales. Tous les membres et

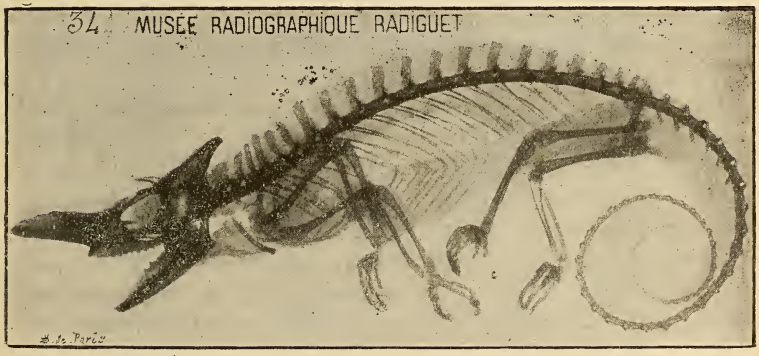


Fig. 51. — Caméléon radiographié.

les parties du corps humain ont été tour à tour radiographiés.

En chirurgie, cette méthode d'investigation permet de se rendre compte de la nature des maladies des os, des muscles, des traumatismes osseux, de la position des corps étrangers.

En médecine, la physiologie des mouvements articulaires, certaines affections des organes pourront être décelées. On voit aujourd'hui les poumons, le cœur, le foie, les lésions de ces organes apparaissent suffisamment. Les mouvements du diaphragme et les battements du cœur sont visibles. Dans

les affections de l'aorte, où les parois sont tapissées de particules calcaires, la radiographie découvre immédiatement ces points. Les lésions des poumons chez les phtisiques sont en certains cas, observables. Enfin les affections de l'estomac, de la vessie (distension, calculs), sont maintenant facilement indiqués.

Lorsque des corps étrangers pénètreront dans l'organisme : balles, épingles, aiguilles, boutons (ce qui arrive plus souvent qu'on peut le croire), au moyen de la radiographie, on saura immédiatement la position occupée par ces corps étrangers et l'extraction en sera facile.

Il nous faut citer ici une curieuse extraction opérée par le docteur Niquet et M. Radiguet. Au moyen de l'écran fluorescent, ils vérifièrent la position d'un morceau d'aiguille qu'un de leurs clients avait dans le pied, puis à l'aide d'un électro-aimant puissant, ils arrivèrent, en deux séances d'une heure, à retirer le morceau d'aiguille, sans qu'une goutte de sang fut versée. Ce morceau avait un centimètre de longueur, côté du chas. Il est intéressant d'ajouter que le patient, étant diabétique, craignait la plus petite opération chirurgicale. C'est là une cure rare à signaler.

Pour les recherches anatomiques : ossification, dentition, développement, angiologie, etc., on injectera dans les vaisseaux des poudres métalliques tenues en suspension dans un liquide quelconque ; le suivant donne de bons résultats : cire à bouteille fondue et diluée dans de l'alcool, on ajoute la poudre de bronze et on fait l'injection à froid (procédé Ch. Remy et Contremoulins).

L'injection de sulfate de chaux donne aussi des résultats satisfaisants. Les pièces ainsi traitées montrent, avec une netteté remarquable, les artères et les vaisseaux sanguins.

Les mêmes auteurs, pour étudier le système musculaire d'une pièce anatomique, injectent dans le système vascu-

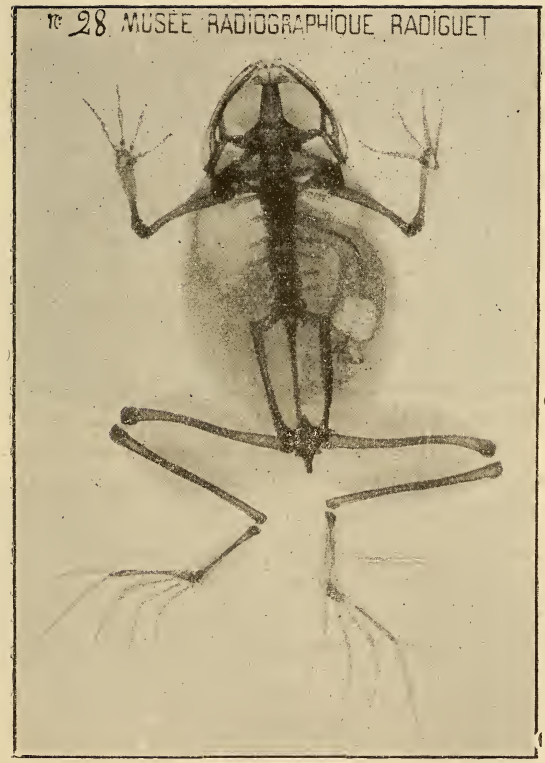


Fig. 52. — Grenouille radiographiée.

laire du bichromate de potasse, puis ils font macérer la pièce dans une solution de nitrate d'argent. Les insertions et les fibres musculaires sont, par cette méthode, indiquées sur l'épreuve photographique avec une précision merveilleuse.

Un archéologue avait fait l'acquisition d'une main de momie enveloppée de ses bandelettes, qu'on lui donnait comme datant de 4.000 ans. Des amis ayant émis des doutes sur l'authenticité de cette relique, l'archéologue soumit la main aux rayons X et l'épreuve photographique donna un squelette très conservé, qui réduisait à néant les doutes émis sur la provenance de la main égyptienne.

Le docteur Maréchal a étudié par la radioscopie le thorax d'un soldat qui avait reçu une balle dans la poitrine. Cette dernière s'était logée contre une côte (la troisième). En disposant deux ampoules, par la méthode que je signale page 65, la détermination a été rapide.

Les rayons X ont un effet caustique sur la peau. Lorsqu'on est exposé à recevoir journellement et longtemps les radiations, il se produit d'abord une irritation très forte et insoutenable, puis la peau durcit, se dessèche et se détache.

Il peut survenir d'autres accidents. Un gonflement succède quelquefois à l'irritation et sous la peau, il se produit des amas de pus, qui ne tardent pas à suppurer abondamment, les ongles peuvent tomber, lorsque cette affection s'attaque aux mains. On pense généralement que les rayons détruisent les principes gras, atrophient la cellule et arrêtent les secrétions cutanées. On conseille à ceux qui se servent continuellement des rayons X de porter des gants de peau imbibés de lanoline; ce n'est pas un remède, mais un palliatif.

Fig. 53. — Radiographie d'un bassin de jeune fille.

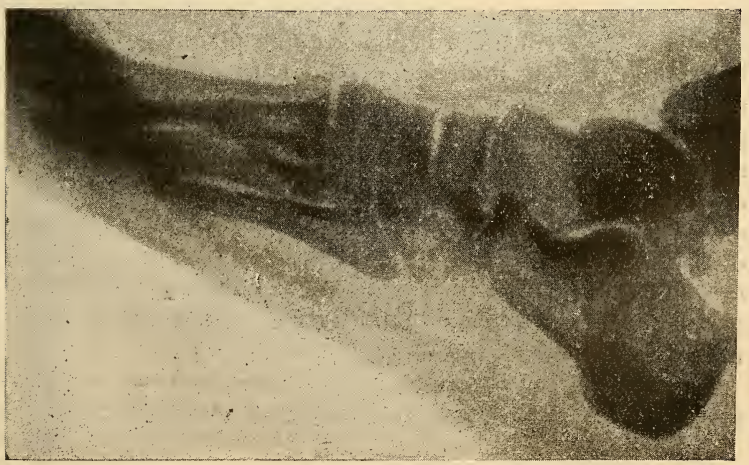


Fig. 54. — Pied radiographié.

Dans les affections anodines, les effets des rayons X sont comparables à ceux d'un *coup de soleil* grave.

Dans certains cas, ils pourraient être appliqués à la place de sinapisme, puisqu'ils produisent une rubéfaction.

Mais il peut se produire des cas plus graves et il est de notre devoir de les signaler.

Le Dr Rod Croeker a observé un cas de dermatite suivant :

« Un jeune apprenti avait été employé par son patron qui voulait photographier sa colonne vertébrale. Un tube de Crookes fut placé à 12 centimètres de l'épigaste, avec interposition entre le tube et la peau d'une chemise de flanelle légère. L'expérience, faite au moyen d'un accumulateur, avait duré une heure sans aucun inconvénient immédiat. Mais le lendemain la peau devint sensible et d'une couleur rouge foncé dans toute la région qui avait été exposée à l'action des rayons X. Six jours après l'expérience, la peau était roide et très sensible ; au neuvième jour, des vésicules commencèrent à se former qui, en quarante-huit heures, augmentèrent en nombre et en étendue. A l'épigastre une plaque grande comme la main, d'une couleur rouge pourpre, avec un bord nettement limité, faisait une saillie appréciable au-dessus de la peau voisine; elle était couverte de vésicules disséminées qui ne tardèrent pas à se rompre en laissant à leur place des excoriations qui guérirent très lentement, puisque deux mois après, il existait encore un ulcère douloureux de la grandeur d'une pièce d'un franc ou presque. Les poils, au niveau de la plaque érythémato-vésiculeuse, était encore nombreux un mois après l'apparition de l'erythème; cependant quelques uns étaient tombés » (1).

D'autres accidents ont été signalés, mais nous devons ajouter, que ces accidents sont très rares, ne se produisent que si

(1) Cf. Brit. med. Journ., 2 janvier 1897.

l'exposition aux rayons est prolongée outre mesure et si le tube est placé trop près de la peau. Pour notre part, bien que nous ayons fait un nombre considérable d'expériences, nous n'avons jamais ressenti aucun inconvénient grave.

M. Radiguet a découvert que les substances vitrifiées devenaient fluorescentes sous l'action des rayons X et que certains verres usuels avaient la même propriété alors que d'autres étaient indemnes (1).

Il a mis à profit ces observations pour établir d'abord des écrans plans travaillés optiquement, donnant des images absolument nettes et supportant l'examen à la loupe (ce qui a une importance capitale pour la vérification des matières premières), et ensuite un pince-nez qu'il nomme *protector*. Ce pince-nez muni de verres anti X, ayant la propriété de ne laisser passer aucun rayon X, protège la muqueuse des yeux, il est tout indiqué aux opérateurs afin d'éviter les accidents que nous avons signalés d'autre part.

Les Drs Brandés et Foveau de Courmelles estiment que les rayons X affectent la rétine comme la lumière ordinaire. On pourrait donc, par ce moyen permettre à certaines catégories d'aveugles la vision des objets.

En médecine légale, il semble que la découverte soit précieuse. Elle a reçu de nombreuses applications et nous en citerons une seule, qui semble être la première qu'on en ait faite c'est M. Bordas qui a raconté le fait (2).

« Une jeune danseuse du théâtre de Nottingham, miss Glady Frolliot, se brisait la cheville du pied droit, en descendant l'escalier conduisant de sa loge à la scène, et faisait constater que sa chute et son accident étaient dus à un trou

(1) Académie des Sciences du 25 janvier 1897.

(2) Ann. d'Hygiène et de médecine légale, 1896, I. XXXV.

pratiqué dans une marche. Elle réclama donc une indemnité à son Directeur. Celui-ci ayant accusé sa pensionnaire d'avoir exagéré la gravité de sa blessure, l'avocat de la danseuse a fait présenter au Jury des épreuves obtenues par le procédé nouveau et représentant le squelette du pied blessé. Cette démonstration a rendu toutes les plaidoiries inutiles.

Le Jury a conclu aussitôt pour la plaignante et lui a accordé l'indemnité qu'elle réclamait. »

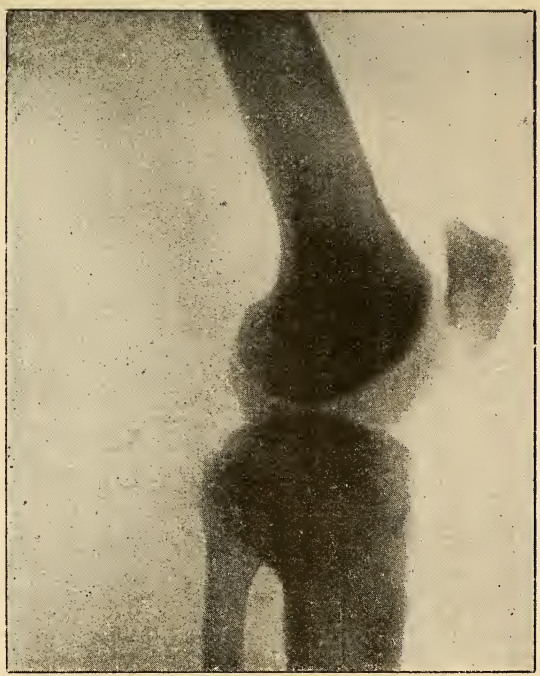
En histoire naturelle, les services rendus par la découverte du Dr Rœntgen ne sont pas moins grands. Les poissons, les reptiles, les insectes, les animaux de grosse taille, cobaye, écureuil, chat, poulet, lapin, ont été soumis aux rayons X, et leur anatomie a pu être ainsi étudiée d'une façon particulière.

M. Lemoine a essayé cette méthode pour les animaux conservés dans l'alcool.

Ces pièces s'opposent le plus souvent, par suite de leur rareté, à l'emploi des procédés ordinaires d'étude (dissection, mise à nu des parties du squelette). Encore que l'imprégnation par l'alcool paraisse plutôt défavorable, les résultats obtenus ont été satisfaisants.

M. Séguy a obtenu des squelettes d'insectes et ouvert ainsi la voie à des expériences sur l'entomologie. Il sera plus facile d'étudier les insectes de cette façon, que de les abîmer en les ouvrant. En injectant du mercure dans le système circulatoire d'une grenouille, M. J. Perrin a pu obtenir tout ce système d'une netteté incomparable.

Les coquillages laissent passer dans une partie faible, les radiations et montrent ainsi leur forme intérieure et leur disposition.



Radiographies]

Fig. 55. — Corps étrangers dans le genou

Fig. 56. — L'articulation du genou.

§ II. — *Industrie et Commerce.*

Dans l'industrie et le commerce, la radiographie rendra de signalés services.

Citons quelques exemples historiques datant du début de la découverte :

M. Radiguet, en prenant une image des palmes académiques, lesquelles sont en argent, s'aperçut que la goupille qui retient la bélière à la palme était venue plus claire que le reste. Vérification faite, la goupille était en cuivre. Il y avait donc là une indication précieuse.

Un industriel a de son côté soumis une masse de zinc en apparence homogène et solide.

L'épreuve obtenue a montré trois lignes intérieures très marquées, indiquant des défauts dans la coulée du métal.

Dans le service postal, la radiographie aura encore là de fréquentes applications. On sait que la loi permet lorsqu'il y a doute sur la nature des objets envoyés en valeur déclarée, aux directeurs des postes, de réquérir deux témoins et de briser les cachets pour s'assurer du contenu.

Dorénavant plus besoin de ces formalités. La boite sera soumise à l'action des rayons X et l'ombre obtenue indiquera suffisamment ce qu'elle contient.

Enfin, et cela sera d'un usage moins courant, il faut l'espérer, la radiographie permettra de s'assurer si un paquet inoffensif en apparence, envoyé à un homme politique ne cache pas un engin explosif; M. Girard, du laboratoire municipal de chimie a fait à ce sujet des expériences concluantes. Il avait confectionné un engin enfermé dans un livre. Ces feuilles et l'enveloppe ont été traversées, tandis que l'intérieur a porté ombre, les clous, les morceaux de fer, ainsi que les produits suivants : chlorate de potasse, soufre, ferrocyanure

de potassium, ont été décelés, seul l'acide picrique avait laissé passer les rayons.

Le coton, la laine et la soie, ne se laissant pas traverser avec la même facilité, il sera facile de reconnaître la qualité des tissus.

Les soies teintes chargées sont aussi reconnaissables en ce qu'elles laissent passer plus difficilement les rayons X.

Les produits vinicoles pharmaceutiques falsifiés à l'aide de produits minéraux seront dénoncés par les rayons X.

Les diamants, les pierres précieuses véritables à base d'alumine cristallisé : rubis, saphirs, corindons, émeraudes, topazes, les perles fines, se laissant traverser par les rayons X et les fausses pierres étant opaques, il est facile aussi, sans démontrer les pièces de joaillerie, de reconnaître l'identité des pierres qui y sont encastrées; not. fig. 45 montre une rivière de diamants contenant 4 pierres fausses, indiquées par une ombre noire.

*
* *

De l'ensemble que nous venons de présenter, on peut tirer d'utiles indications et se servir avec avantages de la découverte du docteur Rœntgen.

La voie est à peine ouverte, mais déjà on reconnaît le secours puissant que cette méthode d'endoscopie fournit aux recherches scientifiques. La photographie était déjà puissante, la radiographie semble atteindre le dernier mot du progrès pour les constatations et les investigations dans l'Invisible.

FIN

Table des Matières

		Pages
Préface des 2e et 3e éditions		7
Chapitre I.	— Historique	9
— I.	— Travaux antérieurs à Rœntgen	9
— II.	— Découverte des rayons X	10
Chapitre II.	— Nature des rayons X	13
— I.	— Préliminaires	13
— II.	— Hypothèses sur la nature des rayons X	15
Chapitre III.	— Appareils servant à la production des rayons X	35
— I.	— Bobines de Ruhmkorff	25
— II.	— Interrupteurs	30
— III.	— Tubes ou ampoules	42
—	1. — Description	42
—	2. — Fonctionnement des tubes	46
— IV.	— Ecrans et supports	53
— V.	— Production du courant	57
Chapitre IV.	— Technique opératoire	59
— I.	— Dispositifs pour la radioscopie	59
— II.	— Dispositifs pour la radiographie	61
— III.	— Opérations photographiques	68
— IV.	— La pose	75
Chapitre V.	— Applications	83
— I.	— Chirurgie, médecine, histoire naturelle	83
— II.	— Industrie et Commerce	92

SOCIÉTÉ ANONYME

DES

PLAQUES ET PAPIERS PHOTOGRAPHIQUES

A. LUMIÈRE & SES FILS

Lyon-Monplaisir

PAPIERS PLAQUES

PRODUITS CHIMIQUES

PELLICULES

CINÉMATOGRAPHE

Envoi Franco du Catalogue sur demande

PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES GUILLEMINOT

R. GUILLEMINOT, BŒSPFLUG & Cie

Fondée en 1858 **6, rue Choron, PARIS** Fondée en 1858

PAPIERS, PRODUITS

PLAQUES SPÉCIALES POUR LA RADIOGRAPHIE

PAPIER RADIOGRAPHIQUE RÉVÉLATEUR-TUBE

Médaille d'Or, Exposition Universelle de 1900

Librairie BERNARD TIGNOL, 53 bis, Quai des Grands-Augustins, PARIS

ENCYCLOPÉDIE DE L'AMATEUR PHOTOGRAPHE

Publié sous la direction de **G. Brunel.**
avec la collaboration de MM. Chaux, Forestier et Reyner.

TITRES DES VOLUMES :

1 Choix du Matériel. Installation du laboratoire.
2 Le sujet. Mise au point. Temps de pose.
3 Les clichés négatifs.
4 Les épreuves positives.
5 Les insuccès et la retouche.
6 La photographie en plein air.
7 Le portrait dans les appartements.
8 Les agrandissements et les projections.
9 Les objectifs et la stéréoscopie.
10 La photographie en couleurs.

Chaque volume ..... 2 fr.
La collection, dans un élégant étui 20 fr.

Imprimé par les Ouvriers Sourds-Muets (Jules Witschy), 31, villa d'Alésia, Paris - XIVe

I.R. 1900.1

A

Harvard University

Library of

The Medical School

and

The School of Public Health

The Gift of

Dr. A. U. Desjardins

COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE

QC
481
B83
1900

RARE BOOKS DEPARTMENT